

**Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний
університет**



Кафедра “Технології машинобудування”

Вимірювальні засоби та метрологія

**Методичні вказівки до виконання
лабораторних робіт студентами спеціальностей
“Прикладна механіка” та “Галузеве машинобудування”**



Кропивницький – 2018

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

Кафедра “Технології машинобудування”

Вимірювальні засоби та метрологія

Методичні вказівки до виконання
лабораторних робіт студентами спеціальностей
“Прикладна механіка” та “Галузеве машинобудування”

Затверджено на засіданні
кафедри технології машинобудування
протокол № 13 від 23.05.2018 р.

Кропивницький – 2018

Мажара В.А. Вимірювальні засоби та метрологія. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт студентами спеціальностей “Прикладна механіка” та “Галузеве машинобудування”. – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 68 с.

Рецензент: М.М. Підгаєцький, канд. техн. наук, доцент

Комп’ютерний набір і верстка Мажара В.А.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Оцінка ступеня точності циліндричних зубчатих коліс за їх основними параметрами точності

Мета роботи:

1. Вивчити норми точності, що характеризують ступень точності зубчатого колеса;
2. Оволодіти методикою вимірювання кінематичної і циклічної похибок та бокового зазору між неробочими сторонами зубців.

Технічне забезпечення роботи:

1. Міжцентромір МЦМ 160;
2. Еталонне (вимірювальне) зубчате колесо;
3. Контрольоване зубчате колесо;
4. Набір кінцевих мір довжини;
5. Таблиці норм точності за ГОСТ 1643-81 та ГОСТ 9178-81.

Загальні відомості

У відповідності до ГОСТ 1643-81 встановлено 12 ступенів точності зубчатих коліс з діаметром ділильного кола до 5000 мм і модулями від 1 до 50 мм. Надточні колеса виготовляються за першим і другим ступенем точності, а самі неточні – за дванадцятим. Орієнтовно можна вважати, що колеса виготовлені за 3-м і 4-м ступенями точності використовують в якості вимірювальних коліс, колеса за 5-м та 6-м ступенем точності – у відповідальних передачах металорізальних верстатів, за 7-м і 8-м – у загальному машинобудуванні.

Для кожного ступеня точності зубчатих коліс та передач встановлюються норми кінематичної точності, плавності роботи і контакту зубців зубчатих коліс в передачі.

ГОСТом допускається комбінування норм кінематичної точності, норм плавності та норм контакту зубців зубчатих коліс різних ступенів точності. При комбінуванні норм різних ступенів точності зубчатих коліс вони мають відрізнятися по нормі кінематичної точності та нормі контакту зубців не більше ніж на одну норму точності від норми плавності роботи.

Приклад умовного позначення точності циліндричної передачі зі ступенем 8 по нормі кінематичної точності, з ступенем 7 по плавності роботи і ступенем 6 по контакту зубців:

8 – 7 – 6 ГОСТ 1643-81.

Для виміру цих параметрів можна використовувати міжцентромір, який призначений для комплексної перевірки зубчатих коліс, оскільки усі їх параметри точності є взаємопов'язаними величинами.

За допомогою міжцентроміра можна визначити:

1. Коливання міжосьової відстані зубчатої передачі за один оберт колеса (F_i''), що є показником кінематичної похибки колеса;
2. Граничні коливання вимірювальної міжосьової відстані на одному зубці (f_i''), що є показником циклічної похибки колеса (показник плавності його роботи);
3. Граничні відхилення вимірювальної міжосьової відстані, верхнє ($+A_{a''_e}$) і нижнє ($+A_{a''_i}$), що є показниками бокового зазору.

Опис схеми міжцентроміра і принципу його роботи

Міжцентромір (рис. 1.1) складається з корпусу 1, супорта з оправкою 2, гвинта привода супорта 3, вимірювальної каретки з оправкою 4, пружини 5 та індикатора 6.

Контрольоване колесо 7 встановлюється на оправку вимірювальної каретки, а вимірювальне колесо 8 – на оправку

супорта. Гвинт 3 слугує для встановлення супорта на необхідну відстань в залежності від діаметрів зубчатих коліс 7 та 8. Пружина 5 забезпечує необхідне для контролю щільне безззорне двопротилежне зачеплення зубців.

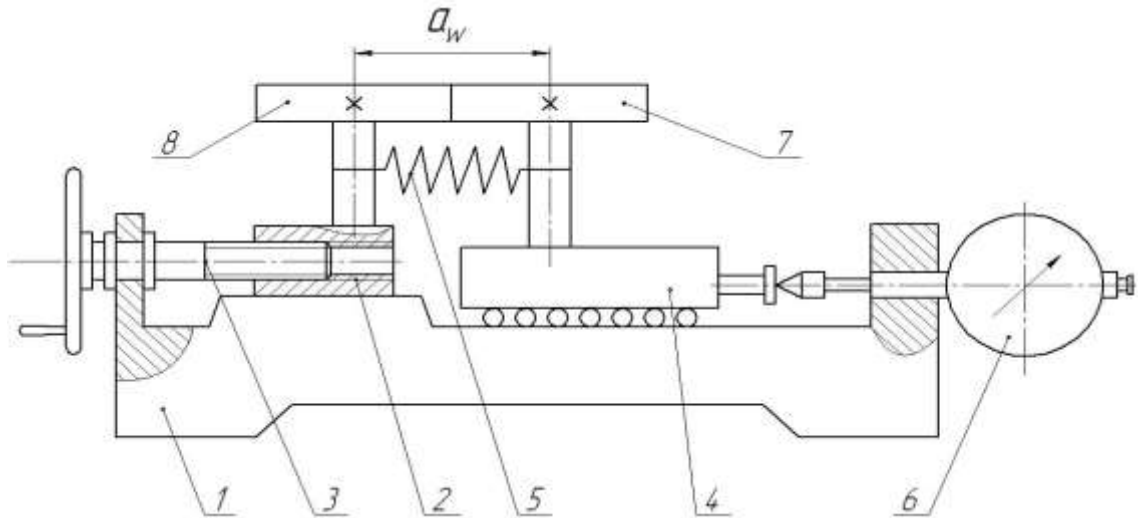


Рис. 1.1. Схема міжцентроміра

Вимірюване колесо має бути на 2-3 ступеня точніше від контрольованого.

Порядок виконання роботи

Для контролю коливання вимірюваної міжосьової відстані за оберт колеса F_i'' і на одному зубці – f_i'' , контрольоване колесо вводять у щільне зачеплення з еталонним колесом. Провертаючи контрольоване колесо за допомогою індикатора фіксують різницю між найбільшою і найменшою міжосьовою відстанню при провертанні колеса на повний оберт чи відповідно на один кутовий крок зубців. Вимірювання величини f_i'' необхідно виконувати для кожного зубця, а потім вирахувати середнє арифметичне значення за формулою:

$$f_i'' = \frac{\sum f_{ii}'',}{Z_1}, \quad (1.1)$$

де f_{ii}'' – коливання міжосьової відстані на кожному зубці;

Z_1 – кількість зубців контрольованого колеса.

Для визначення граничних відхилень вимірюваної між центральної відстані $A_{a''_e}$ та $A_{a''_i}$ переміщенням супорта зубчаті колеса встановлюють на номінальну міжосьову відстань a_w . Це забезпечується за допомогою кінцевих мір довжини, або за масштабною шкалою по ноніусу на міжцентромірі. Після встановлення супорта в необхідне положення вимірювальна каретка повинна мати можливість зворотно-поступального переміщення в невеликих межах.

Міжосьову відстань визначають за формулою:

$$a_w = \frac{(Z_1 + Z_2) \cdot m \cdot \cos \alpha}{2 \cos \alpha_w}, \quad (1.2)$$

де Z_1, Z_2 – кількість зубців зубчатих коліс;

m – модуль зубчатих коліс;

α – кут профілю зубців (20°);

α_w – кут зачеплення.

Кут зачеплення визначається за формулою:

$$\text{inv} \alpha_w = \text{tg} \alpha_w - \alpha_w = \frac{2 \cdot X_\Sigma \cdot \text{tg} \alpha}{Z_1 + Z_2} + \text{tg} \alpha - \alpha, \quad (1.3)$$

де X_Σ – сума коефіцієнтів зміщення вихідного контура зубчатих коліс з врахуванням знаків кожного доданку X_1 та X_2 .

Тобто

$$X_\Sigma = X_1 + X_2. \quad (1.4)$$

Коефіцієнт зміщення вихідного контуру еталонного колесі X_1 дорівнює нулю, а контрольованого – $X_2 = 0,4995$.

Значення кута α_w має знаходитися в інтервалі $25^\circ > \alpha_w > 20^\circ$.

Таблиця значень евольвентної функції $\text{inv} \alpha$ дивися в додатку 1.

Обертаючи колеса визначають різницю між найбільшою (чи відповідно найменшою) вимірюваною відстанню і номінальною міжосьовою відстанню, на яку були попередньо встановлені зубчаті колеса.

Результати вимірювання величин F_i'' , f_i'' , $A_{a''e}$ та $A_{a''i}$ необхідно занести до таблиці.

Модуль зубців m , мм	Числа зубців Z_1, Z_2	Ціна поділки індикатора, мм	f_i''	$+A_{a''e}$	$-A_{a''i}$	$F_i'' = A_{a''e} - A_{a''i}$	Ступінь точності колеса

По цим даним і таблицям з ГОСТ 1643-81 та ГОСТ 9178-81 встановити ступінь точності контрольованого колеса. Дані таблиці наведено в додатку 2.

Звіт має закінчуватися висновком по роботі у якому має бути наведено умовне позначення точності контрольованого колеса без врахування норми по контакту зубців.

Контрольні питання

1. Ступінь точності зубчатих коліс і область їх використання?
2. Суть кінематичної похибки зубчатого колеса і як вона визначається?
3. Суть циклічної похибки зубчатого колеса і спосіб її визначення?
4. Устрій і принцип дії міжцентроміру?
5. Як визначається середнє коливання f_i'' ?

Література

1. ГОСТ 1643-81 "Передачи зубчатые цилиндрические".
2. ГОСТ 9178-81 "Передачи зубчатые цилиндрические мелко модульные".
3. Марков А.А. Измерение зубчатых колес. Л.: Машиностроение, 1977.
4. Тайц Б.А. Точность и контроль зубчатых колес. М.: Машиностроение, 1972.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Вимірювання середнього діаметра метричних різей

Мета роботи: вивчити методи і засоби вимірювання середнього діаметра різі і отримання навичок роботи з ними.

Технічне забезпечення роботи:

1. Мікрометр для вимірювання різі;
2. Комплект проволоч для контролю середнього діаметра різі;
3. Мікрометр;
4. Контрольована деталь.

Загальні відомості

Стандартами встановлені для різьбових деталей величини допусків на середній, зовнішній і внутрішній діаметри. На середній діаметр призначається комплексний допуск, що включає власне допуск на середній діаметр і діаметральні компенсації відхилень кроку і половини кута профілю. Таким чином, похибки середнього діаметру, кроку і половини кута профілю для різьбових деталей (болтів, гайок, шпильок і ін.) обмежуються комплексно допуском на середній діаметр. Відповідно до цього циліндрові різьбові деталі і контролюють, як правило, комплексним методом.

Комплексний метод контролю деталей здійснюється за допомогою різьбових калібрів і контрольних пристроїв. При найбільш жорстких вимогах до точності виготовлення різьбових деталей застосовують диференційований метод. Цей метод заснований на вимірюванні кожного елементу окремо. Висновок про придатність роблять також по кожному елементу окремо.

Основними методами визначення середнього діаметру є контроль його різьбовим мікрометром, що має спеціальні вставки, і розрахунковий метод, який носить назву методу "Трьох дротиків".

Для визначення середнього діаметру різі необхідно встановити зовнішній діаметр, крок і ступінь точності (з креслення). Середній діаметр і його відхилення визначаються за певними залежностями:

1. Розраховується номінальний розмір середнього діаметра різі, за формулою:

$$d_2 = d - 0.6495 \cdot P, \quad (2.1)$$

де P – крок різі, мм; d – зовнішній діаметр різі, мм.

2. Визначаються основні відхилення за формулою:

$$\begin{aligned} es(h) &= 0; \\ es(d) &= -(80 + 11P); \\ es(e) &= -(50 + 11P); \\ es(f) &= -(30 + 11P); \\ es(g) &= -(15 + 11P); \end{aligned} \quad (2.2)$$

де es – верхнє відхилення різі, мкм; h, d, e, f, g – основні відхилення різей.

3. Розраховується допуск (в мкм) на виготовлення середнього діаметра Td_2 різі 6-го ступеню точності за формулою:

$$Td_2(6) = 90 \cdot P^{0.4} \cdot d^{0.1}. \quad (2.3)$$

Допуски інших ступенів точності визначаються множенням допуску 6-го ступеня точності на коефіцієнти, що наведено в таблиці.

Ступінь точності	3	4	5	7	8	9	10
Коефіцієнт	0,50	0,63	0,80	1,25	1,60	2,00	2,50

4. Визначається нижнє граничне відхилення середнього діаметра різі:

$$ei = es - Td_2. \quad (2.4)$$

5. Вираховуються граничні розміри для середнього діаметра різі:

$$\begin{aligned} d_{2\max} &= d_2 + es; \\ d_{2\min} &= d_2 + ei. \end{aligned} \quad (2.5)$$

Опис способів вимірювання середнього діаметра різі

1. Вимірювання середнього діаметра різі методом "Трьох дротиків".

Зазначений метод є непрямим методом вимірювання, один з найбільш поширених і точних методів вимірювання середнього діаметра різі. Вимірювання цим методом базується на визначенні середнього діаметру різі як діаметру уявного циліндра, поверхня якого пересікає витки різі так, що товщина витка в перетині, що проходить через вісь різі, дорівнює ширині западини.

Метод полягає в наступному: у западини різі закладаються три калібровані дротики рівного діаметру d_n і за допомогою контактної вимірювальної інструмента (наприклад мікрометра) вимірюється розмір M (рис. 2.1).

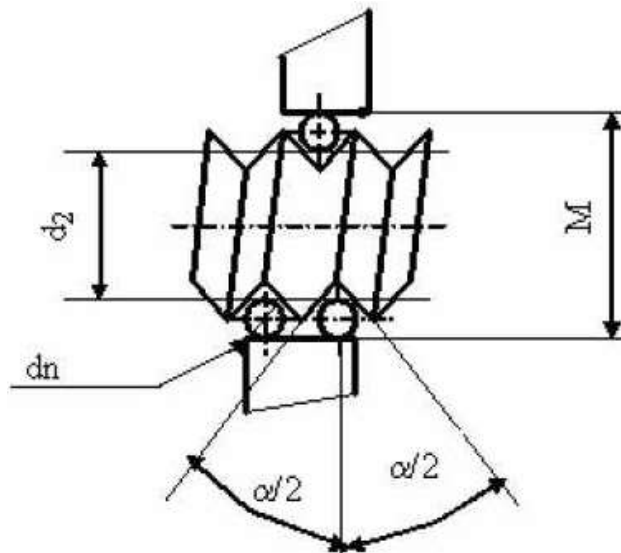


Рис. 2.1. Вимірювання середнього діаметра різі методом "Трьох дротиків"

Розмір середнього діаметра d_2 пов'язаний з розміром M залежністю:

$$d_2 = M - d_n \left(1 - \frac{1}{\sin \alpha / 2} \right) + \frac{P \cdot \operatorname{ctg} \alpha / 2}{2}, \quad (2.6)$$

де α - кут профілю різі.

Оскільки для метричної різі $\alpha = 60^\circ$, то

$$d_2 = M - 3 \cdot d_n + 0.866 \cdot P. \quad (2.7)$$

Для того, щоб усунути вплив похибки кута на результат вимірювання, слід вибирати дротики такого діаметра, щоб точки дотику їх з профілем збігалися з серединою грані профілю. Діаметр дроту так званого "найкращого" діаметра, рахується за формулою:

$$d_n = \frac{P}{2 \cdot \cos \alpha / 2}. \quad (2.8)$$

Для метричної різі:

$$d_n = \frac{P}{1.732}. \quad (2.9)$$

Дротики виготовляються комплектом з 3-х штук у вигляді гладких циліндрів. Для метричних різей випускаються дротики номінальних діаметрів від 0,101 до 3,464 мм.

2. Вимірювання середнього діаметра різі різьбовим мікрометром.

Різьбовий мікрометр є звичайний мікрометр, у мікрометричному гвинті і п'яті якого є отвори для спеціальних різьбових вставок (рис. 2.2). При вимірюванні середнього діаметру різі конічна вставка вводиться в западину різі, а призматична охоплює протилежні сторони витка.

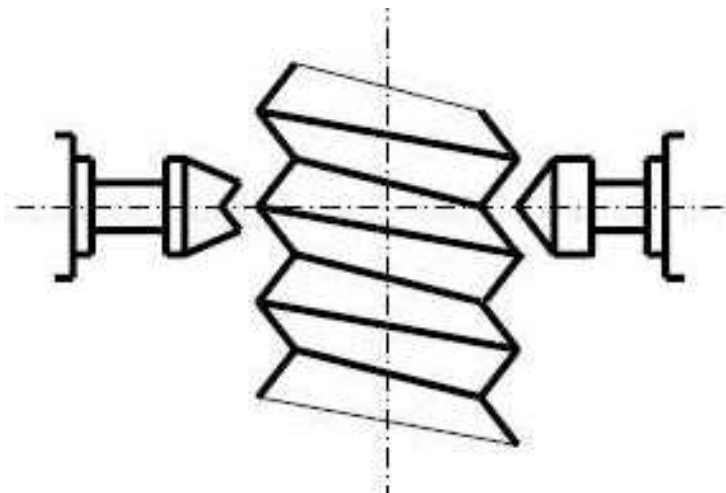


Рис. 2.2. Вимірювання середнього діаметра різі різьбовим мікрометром

Різьбові мікрометри випускаються з межами виміру 0-25, 25-50, 50-75 і так далі до 600 мм. Ціна поділки шкали барабана 0,01 мм.

Порядок виконання роботи

1. Визначити середній діаметр різі і граничні відхилення за формулами 2.1–2.5. Дані розрахунків занести до таблиці;

Позначення різі		
Номінальні розміри елементів різі	Середній діаметр (d_2), мм	
	Крок (P), мм	
	Кут профілю (α), град	
Відхилення для d_2 , мкм	Верхнє, es	
	Нижнє, ei	
Найбільший граничний розмір (d_{2max}), мм		
Найменший граничний розмір (d_{2min}), мм		

2. Провести вимірювання середнього діаметра різі методом "Трьох дротиків". Вимірювання повторити три рази, дані виміру занести до таблиці;

Результати вимірювання методом "Трьох дротиків"

Розмір d_2 , мм	Результати вимірювання				Дійсний розмір d_2 , мм
	1	2	3	Сер.	

2. Провести вимірювання середнього діаметра різі різьбовим мікрометром, дані виміру занести до таблиці;

Результати вимірювання різі різьбовим мікрометром

Розмір d_2 , мм	Результати вимірювання			Дійсний розмір d_2 , мм
	1	2	3	

3. Скласти звіт по роботі. Провести порівняння результатів вимірювання двома методами. Зробити висновок про придатність контрольованої різи.

Контрольні питання

1. Види різей?
2. Позначення метричних різей на кресленнях.
3. Елементи різи?
4. Які є методи вимірювання різи?
5. Принцип вимірювання середнього діаметра різи різьбовим мікрометром?
6. Суть вимірювання середнього діаметра різи методом "Трьох дротиків"?

Література

1. Васильев А.С. Основы метрологии и технические измерения: учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1999. – 240с.
2. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник в 2 т. – М.: Издательство стандартов, 1989.
3. Никифоров А.Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М.: Высшая школа, 2000. – 512с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Вимірювання конусних поверхонь

Мета роботи: вивчити методи вимірювання конусних поверхонь. Виміряти конусність зовнішньої та внутрішньої поверхонь.

Технічне забезпечення роботи:

1. Контрольовані деталі;
2. Мікрометр, штангенциркуль, глибиномір мікрометричний;
3. Калібровані кульки та ролики.

Загальні відомості

Кути вимірюються трьома основними методами:

- методом порівняння з жорстким контрольним інструментом – кутовими мірами, кутиками, конусними калібрами і шаблонами;
- абсолютним гоніометричним методом, що оснований на використанні приборів з кутометричною шкалою;
- непрямым тригонометричним методом, суть якого полягає у визначенні лінійних розмірів, що пов'язані з контрольованим кутом тригонометричною функцією.

До універсальних засобів контролю кутів відносяться ноніусні, оптичні та індикаторні кутоміри.

Непрямі виміри кутів конусів можливо виконувати універсальними засобами вимірювання за допомогою каліброваних роликів і кульок.

Визначення конусності внутрішньої поверхні

Для вимірювання конусів використовують синусну чи тангенціальну схему в залежності від того, які сторони трикутника, що утворюють кут, будуть вимірюватися.

При синусній схемі (рис. 3.1) в конусний отвір спочатку опускається менша кулька, проводиться замір відстані H , потім опускається більша кулька і заміряється відстань h . Визначається величина l :

$$l = H - h. \quad (3.1)$$

Значення кута α визначається за формулою:

$$\sin \alpha = \frac{D - d}{2 \cdot l - D - d}. \quad (3.2)$$

Значення конусності визначається із залежності:

$$C = 2 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right). \quad (3.3)$$

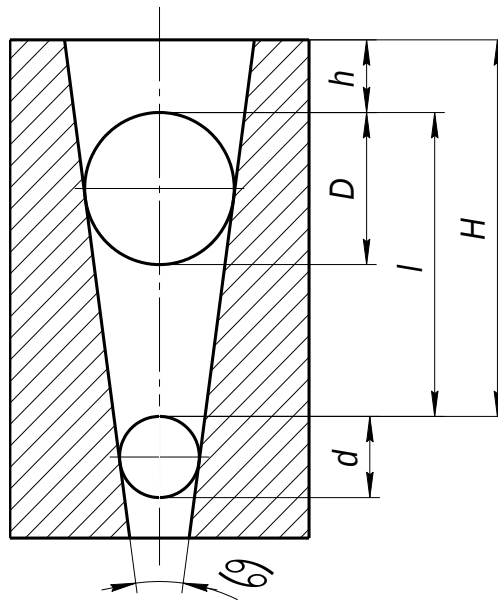


Рис. 3.1. Синусна схема непрямого вимірювання конуса

Порядок виконання роботи

1. Виконати ескіз вимірювання (рис. 3.1);
2. Замірити параметри d , D , h , H за допомогою мікрометра та мікрометричного глибиноміра;
3. Записати дані замірених величин до таблиці. Провести розрахунки середніх арифметичних значень вказаних вище параметрів;
4. Порахувати значення кута α та конусності C ;
5. Визначити відносну похибку отриманого значення

конусності за формулою:

$$\Delta C = \pm \frac{\sin 2\alpha}{2} \left[\left| \frac{\Delta D + \Delta d}{D - d} \right| + \left| \frac{\Delta l}{l} \right| \right]. \quad (3.4)$$

де ΔC – значення відносної похибки; α – кут конусності, град.;
 D і d – середнє арифметичне значення розмірів, мм; ΔD , Δd , Δl – різниця між найбільшим та найменшим значеннями, мм.

Параметр	Значення, мм			
	Виміри			Середнє арифметичне
	1	2	3	
d				
D				
h				
H				
l				

Визначення конусності зовнішньої поверхні

Для вимірювання конусності зовнішньої поверхні використаємо "метод двох роликів", що представлено на схемі 3.2.

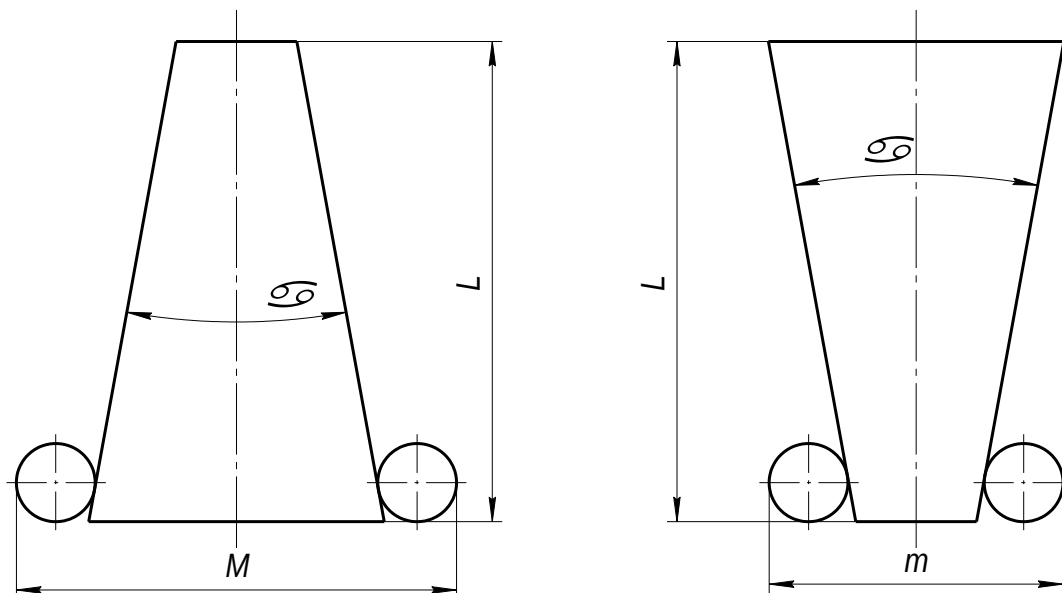


Рис. 3.2. Тангенційна схема непрямого вимірювання конуса

Діаметри роликів мають бути однаковими. Значення конусності визначається за формулою (3.5).

$$C = 2 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right). \quad (3.5)$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{M - m}{2 \cdot L}. \quad (3.6)$$

Значення відносної похибки отриманого значення конусності визначають за формулою:

$$\Delta C = \pm \frac{\sin 2\alpha}{2} \left[\left| \frac{\Delta M + \Delta m}{M - m} \right| + \left| \frac{\Delta L}{L} \right| \right], \quad (3.7)$$

де ΔC – значення відносної похибки; α – кут конусності, град.; M і m – середнє арифметичне значення розмірів, мм; ΔM , Δm , ΔL – різниця між найбільшим та найменшим значеннями, мм.

6. Виконати ескіз вимірювання (рис. 3.2);
7. Замірити параметри M , m , L за допомогою мікрометра чи штангенциркуля;
8. Записати дані заміряних величин до таблиці. Провести розрахунки середніх арифметичних значень вказаних вище параметрів;
9. Порахувати значення кута α та конусності C ;
10. Визначити відносну похибку отриманого значення конусності за формулою (3.7).

Параметр	Значення, мм			
	Виміри			Середнє арифметичне
	1	2	3	
M				
m				
L				

11. Скласти звіт по роботі.

Контрольні питання

1. Поняття конусності.
2. Позначення конусності та кутів на креслені.
3. Методи вимірювання кутів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Перевірка параметрів точності пари конічних зубчатих коліс

Мета роботи:

1. Вивчити норми точності, що характеризують ступень точності пари конічних зубчатих коліс;
2. Оволодіти методикою контролю допуску на коливання положення пари зубчатих коліс по нормалі за повний цикл і на одному зубці.

Технічне забезпечення роботи:

1. Міжцентромір МЦМ 160;
2. Пара контрольованих конічних зубчатих коліс;
3. Таблиці норм точності за ГОСТ 1643-81 та ГОСТ 9178-81.

Загальні відомості

У відповідності до ГОСТ 1758-81 встановлено 12 ступенів точності конічних зубчатих коліс. Для кожного ступеня точності зубчатих коліс та передач встановлюються норми кінематичної точності, плавності роботи і контакту зубців зубчатих коліс в передачі.

Зазвичай перевірку конічних шестерень виконують в парі, у якій відсутнє еталонне колесо. Підбір шестерень в парі і перевірку виконують після термічної обробки і шліфування базових поверхонь. Операцію підбирання шестерень в парі проводять сумлінно замінюючи шестерню чи колесо до отримання необхідної якості зачеплення.

Для контролю цих параметрів використовується міжцентромір, який призначений для комплексної перевірки як циліндричних, так і конічних зубчатих коліс.

Після підбору в парі, остаточно виготовленні конічні зубчаті

колеса контролюють на спеціальних пристроях.

За допомогою міжцентроміра можна визначити такі параметри конічної зубчатої пари:

1. Допуск на коливання відносного положення пари зубчатих коліс по нормалі за один оберт (F_i''), що є показником кінематичної похибки колеса;
2. Допуск на коливання відносного положення пари зубчатих коліс по нормалі на одному зубці (f_i''), що є показником циклічної похибки колеса (показник плавності його роботи);

Опис схеми міжцентроміра і принципу його роботи

Міжцентромір (рис. 4.1) складається з корпусу 1, супорта з оправкою 2, гвинта привода супорта 3, вимірювальної каретки з оправкою 4, пружини 5 та індикатора 6.

Контрольована пара коліс 7 встановлюється на оправки вимірювальної каретки та супорта. Гвинт 3 слугує введення в зачеплення пари коліс. Пружина 5 забезпечує необхідне для контролю щільне беззазорне зачеплення зубців.

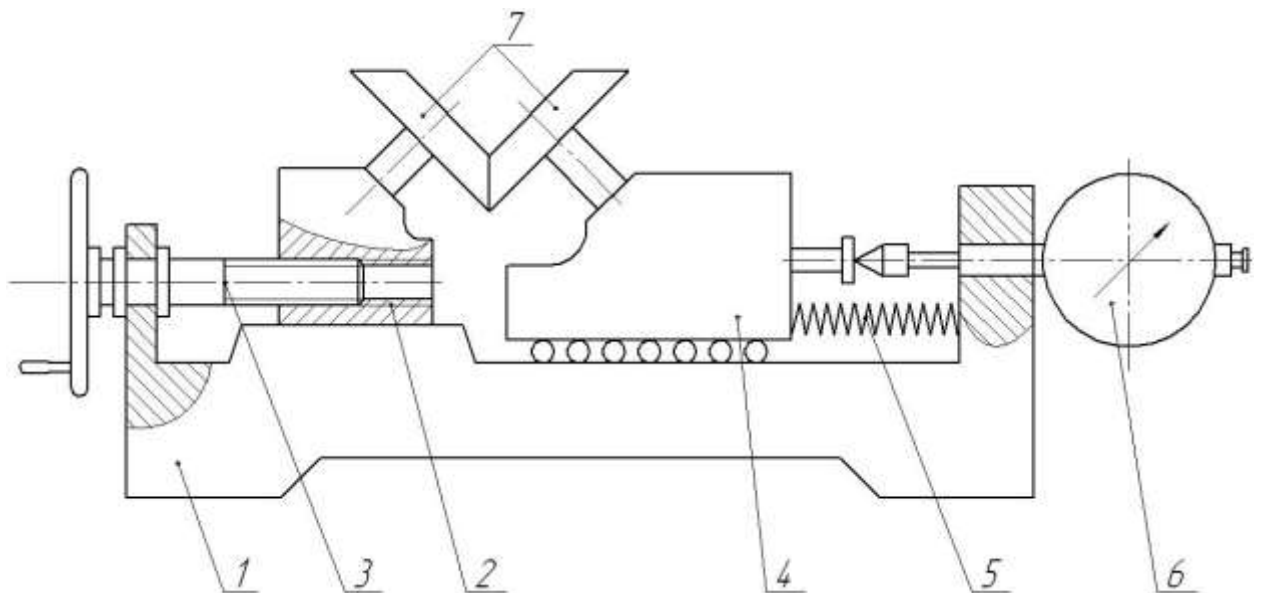


Рис. 4.1. Схема міжцентроміра

Порядок виконання роботи

Для контролю допуску коливання відносного положення пари зубчатих коліс за оберт колеса F_i'' і на одному зубці – f_i'' , колеса вводять у щільне зачеплення. Провертаючи колеса за допомогою індикатора фіксують різницю між найбільшим і найменшим відхиленням стрілки індикатора при провертанні пари коліс на повний оберт чи відповідно на один кутовий крок зубців. Вимірювання величини f_i'' необхідно виконувати для кожного зубця, а потім вирахувати середнє арифметичне значення за формулою:

$$f_i'' = \frac{\sum f_{ii}'',}{Z_1}, \quad (4.1)$$

де f_{ii}'' – коливання міжосьової відстані на кожному зубці;

Z_1 – кількість зубців контрольованого колеса.

Результати вимірювання величин F_i'' , f_i'' необхідно занести до таблиці.

Модуль зубців m , мм	Числа зубців Z_1, Z_2	Ціна поділки індикатора, мм	f_i''	F_i''

По цим даним необхідно встановити придатність конічної зубчатої пари у відповідності до висунутих вимог.

Параметр	Умовне позначення за ГОСТ 1758-81	Значення
Допуск на коливання відносного положення пари зубчатих коліс по нормалі за один оберт, мкм	F_i''	не більше 85
Допуск на коливання відносного положення пари зубчатих коліс по нормалі на одному зубці, мкм	f_i''	не більше 53

Звіт має закінчуватися висновком по роботі щодо придатності конічної зубчатої пари по контрольованих параметрах.

Контрольні питання

1. Ступінь точності зубчатих коліс і область їх використання?
2. Суть кінематичної похибки зубчатого колеса і як вона визначається?
3. Суть циклічної похибки зубчатого колеса і спосіб її визначення?
4. Устрій і принцип дії міжцентроміру?
5. Як визначається середнє коливання f_i'' ?

Література

1. ГОСТ 1758-81 "Передачи зубчатые конические и гипоидные".
2. Марков А.А. Измерение зубчатых колес. Л.: Машиностроение, 1977.
3. Тайц Б.А. Точность и контроль зубчатых колес. М.: Машиностроение, 1972.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Дослідження впливу похибки базування на точність вимірювання

Мета роботи:

1. Ознайомитися з впливом вибору схеми базування на точність вимірювання;
2. Навчитися визначати похибку базування деталі при проведенні контрольної операції.

Технічне забезпечення роботи:

1. Установочні призма і площина;
2. Еталонна деталь;
3. Контрольовані деталі;
4. Індикатор часового типу;
5. Штатив з магнітним прихватом.

Загальні відомості

Першим етапом при проектуванні контрольного пристрою є розробка схеми вимірювання. При розробці схеми вимірювання необхідно дотримуватись загальних метрологічних і конструктивних принципів: принципу інверсії, принципу Трейлера, принципу найкоротшого розмірного ланцюга, принципу Аббе та інших.

Згідно з принципом інверсії необхідно суміщувати вимірювальні бази з конструкторськими, інакше виникне похибка базування.

Згідно з принципом Трейлера перевагу треба віддавати вимірювальним головкам з точковим чи лінійним контактом. При площинному контакті, на результат вимірювання будуть впливати похибки форми та шорсткості контрольованої поверхні.

Згідно з принципом найкоротшого розмірного ланцюга слід

скорочувати не тільки кількість ланок розмірного ланцюга, що визначають контрольований розмір чи параметр, а й їхню довжину.

Згідно з принципом Аббе точка контакту вимірювального стрижня повинна знаходитися на вісі його симетрії, яка у свою чергу має бути продовженням лінії виміру. Крім того, згідно з цим принципом відстань між напрямними стрижня повинна бути якомога більшою, а відстань між точкою виміру і найближчою до неї напрямною – мінімально можливою.

На похибку вимірювання контрольним пристроєм впливає ряд факторів, зокрема:

1. Похибка базування деталі, що виникає внаслідок неспівпадіння конструкторської та вимірювальної бази;
2. Похибка встановлення деталі;
3. Похибка передавальних механізмів;
4. Похибка вимірювальної головки;
5. Похибка встановлення вимірювального засобу.

В даній роботі необхідно провести контроль діаметру вала $\varnothing 25 \pm 0,25 \text{ мм}$.

Можливі декілька варіантів вирішення поставленої задачі. У лабораторній роботі контроль будемо проводити при базуванні деталі у призмі та на площині.

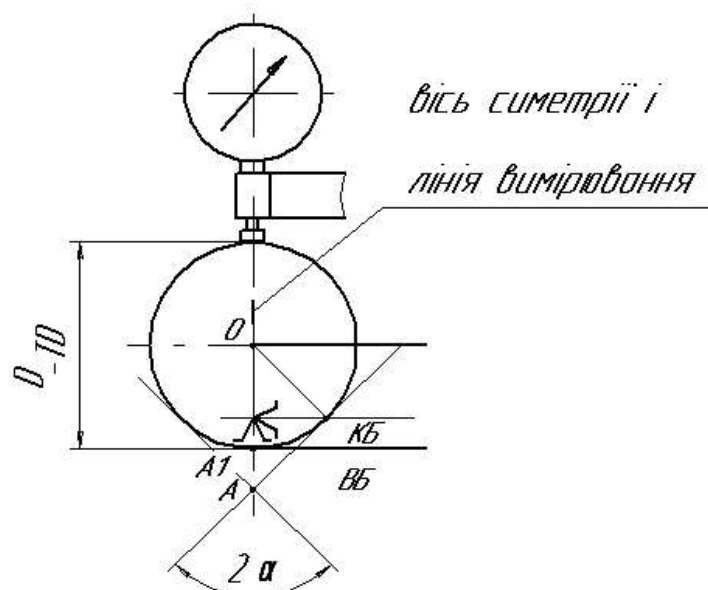


Рис. 5.1. Схема вимірювання деталі у призмі

При такій схемі вимірювання діаметру вала, в наслідок того, що конструкторська база – точка A_1 не співпадає з вимірювальною базою – точкою A виникає похибка базування, яку можна визначити за формулою:

$$\varepsilon_{\delta(D)} = \frac{TD}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right), \quad (5.1)$$

де TD – допуск на контрольований діаметр;

α – половина кута розчину призми ($2\alpha = 90^\circ$).

При вимірюванні діаметру вала на площині, яку можна розглядати як призму з розчином $2\alpha = 180^\circ$ конструкторська і вимірювальна бази співпадають, тому похибки базування немає.

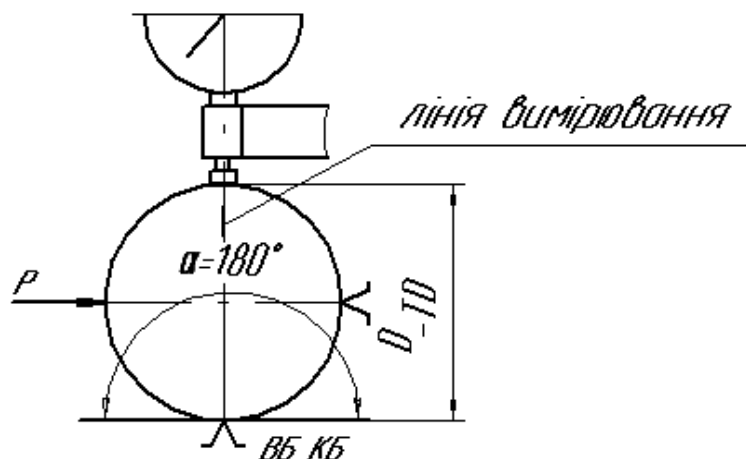


Рис. 5.2. Схема вимірювання деталі на площині

Відповідно другий варіант контролю діаметра вала має бути більш вигідним.

Опис контрольної установки і принципу її роботи

Схему контрольної установки наведено на рис. 5.3. Вона складається з основи 1 на якій встановлено елементи на які й буде базуватися контрольована деталь 6, а саме призма 2 та площина 3. На основі 1 також встановлено магнітний стояк 5, який утримує індикатор годинникового типу 4.

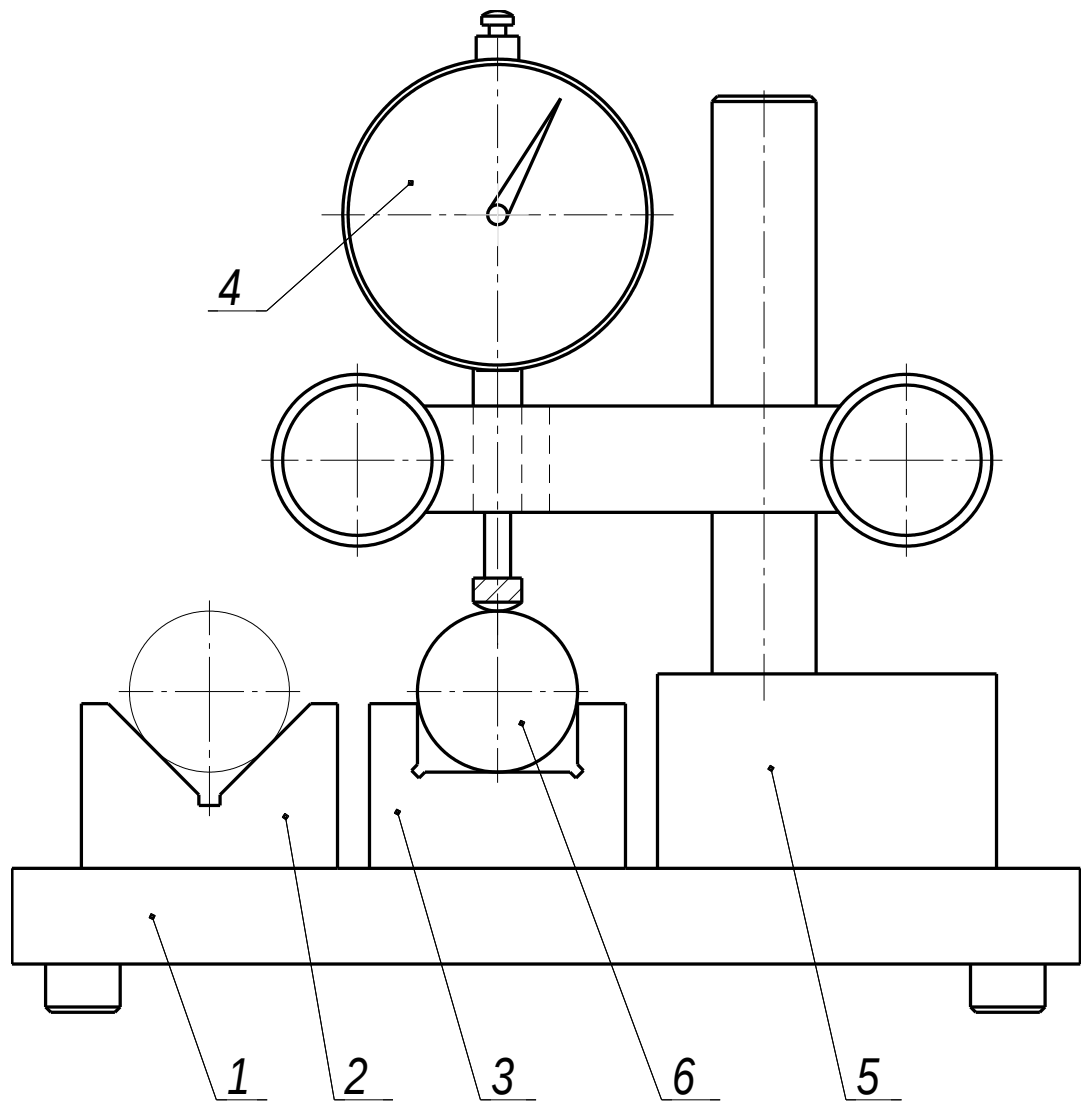


Рис. 5.3. Схема контрольної установки:

1 – плита; 2 – призма; 3 – площина; 4 – індикатор; 5 – магнітний
стояк; 6 – контрольована деталь

Контрольовані деталі послідовно встановлюються на призму та площину і контролюються за допомогою індикатора.

Порядок виконання роботи

1. Встановити еталонну деталь на призму і виставити показання індикатору на "0";
2. Встановлюючи послідовно контрольовані деталь на призму за допомогою штатива з індикатором контролювати їх діаметри, записуючи показання до таблиці;

3. Повторити вимірювання при встановленні деталі на площину;
4. Розрахувати похибку базування при контролі деталі у призмі за формулою (5.1);

Результати розрахунків необхідно занести до таблиці.

№ деталі	Встановлення у призмі		Встановлення на площині		Розрахована похибка базування
	показання індикатора	діаметр вала	показання індикатора	діаметр вала	
1					
2					
3					
4					

5. Розрахувати абсолютні похибки базування, нехтуючи іншими похибками, за формулою:

$$\Delta X_i = |D_i^{np} - D_i^{nl}|, \quad (5.2)$$

де D_i^{np} – визначений діаметр і-тої деталі при її встановленні у призмі;

D_i^{nl} – визначений діаметр і-тої деталі при її встановленні на площині;

6. Визначити похибку базування, що отримана експериментальним шляхом, за формулою:

$$\varepsilon = \frac{\sum \Delta X_i}{i}, \quad (5.3)$$

де i – кількість контрольованих деталей;

7. Скласти звіт по роботі. Зробити висновок порівнявши визначену похибку базування з розрахованою.

Контрольні питання

1. Яким чином має обиратися схема вимірювання?
2. В чому суть принципу Тейлора?
3. Які похибки входять в склад загальної похибки вимірювання?
4. В чому суть принципу інверсії?
5. Які установочні елементи використовуються у контрольно-вимірювальних пристроях для базування деталей?
6. Де застосовуються контрольні пристрої з індикаторами годинникового типу?

Література

1. Коротков В.П., Тайц Б.А. Основы метрологии и теории измерительных устройств. М.: Машиностроение, 1978. – 352с.
2. Мажара В.А. Контрольно-вимірювальні пристрої. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи студентами денної та заочної форми навчання напрямку “Інженерна механіка” з профілюванням за спеціальністю “Технологія машинобудування”. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 48 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Дослідження похибок передавального пристрою важільного типу

Мета роботи: дослідити вплив кількості ланок важільного передавального пристрою на точність вимірювання.

Технічне забезпечення роботи:

1. Центра для контролю точності різних параметрів деталей, що мають форму тіл обертання;
2. Приставка з передавальним пристроєм важільного типу;
3. Контрольована деталь;
4. Індикатор часового типу;
5. Штатив з магнітним прихватом.

Загальні відомості

На похибку вимірювання контрольним пристроєм впливає ряд факторів, зокрема:

1. Похибка базування деталі, що виникає внаслідок неспівпадіння конструкторської та вимірювальної бази;
2. Похибка встановлення деталі;
3. Похибка передавальних механізмів;
4. Похибка вимірювальної головки;
5. Похибка встановлення вимірювального засобу.

Похибка передавальних механізмів виникає внаслідок:

1. Похибок виготовлення ланок;
2. Зазорів в ланках;
3. Похибок схеми передачі, що виникають у випадку, коли вимірювальний наконечник не співпадає з напрямом вимірювання контрольованого параметра;
4. Похибки, що виникають внаслідок невідповідності

реалізованої схеми передачі до теоретичної.

Існують різні методи визначення похибки вихідного сигналу, який знімається з чуттєвого елементу приладу, зокрема:

1. Метод диференціювання рівняння передавального ланцюга;
2. Метод малих переміщень;
3. Експериментальний метод визначення похибок (безпосереднє їх вимірювання).

В даній роботі використовується експериментальний метод визначення похибок передавального пристрою.

Опис приставки і принципу її роботи

Схему приставки наведено на рис. 6.1.

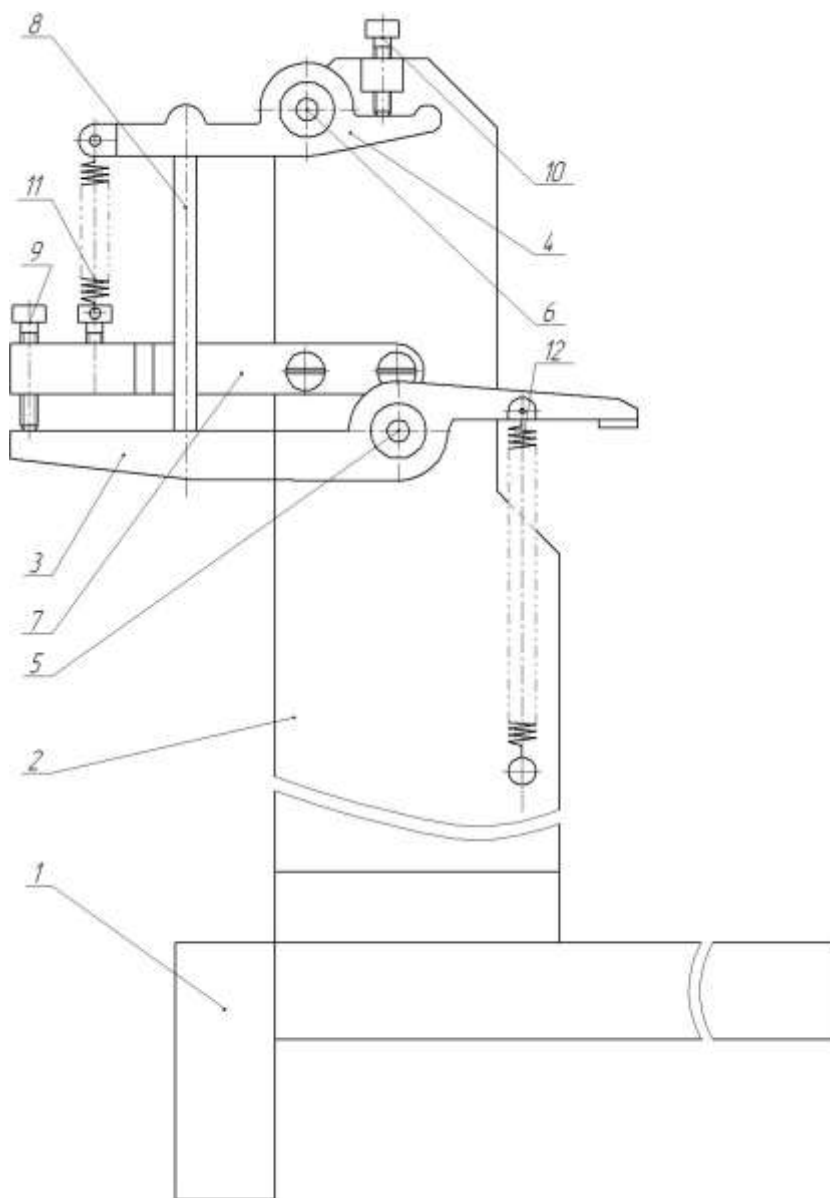


Рис. 6.1. Приставка

Вона складається з основи 1, стойки 2, рівноплечих важелів 3 та 4, що розміщені на осях 5 і 6, кронштейна 7, розпорки 8, гвинтів 9 та 10, пружин 11 і 12, які призначені для силового замикання ланок пристрою. Приставка встановлюється на корпусі контрольного пристрою і закріплюється болтами (на рис. 6.1 не показані).

Порядок виконання роботи

1. Вивчити конструкцію контрольного пристрою та приставки;
2. Встановити приставку на контрольний пристрій;
3. Встановити контрольовану деталь;
4. За допомогою штатива з індикатором провести три виміру радіального биття деталі в точках 1, 2 та 3 (рис. 6.2).

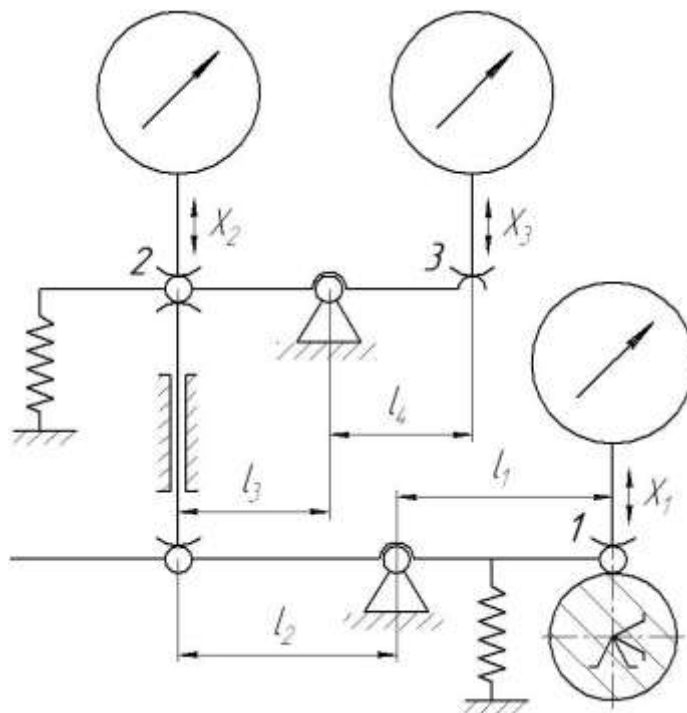


Рис. 6.2. Розрахункова схема пристрою:

X_1 – замір при безпосередньому дотику вимірювального наконечника до поверхні деталі; X_2 – замір на вихідному плечі першого важеля; X_3 – замір на вихідному плечі другого важеля

5. Розрахувати абсолютні і відносні похибки вимірювання.

- абсолютні похибки:

$$\Delta X_1 = |X_2 - X_1|; \quad \Delta X_2 = |X_3 - X_2|; \quad \Delta X_3 = |X_3 - X_1|.$$

- відносні похибки:

$$\varepsilon_1 = \frac{X_2}{X_1} \cdot 100\%; \quad \varepsilon_2 = \frac{X_3}{X_2} \cdot 100\%; \quad \varepsilon_3 = \frac{X_3}{X_1} \cdot 100\%.$$

Результати розрахунків необхідно занести до таблиці.

Найменування і тип вимірювального пристрою	Ціна поділки, мм	Абсолютні похибки			Відносні похибки		
		ΔX_1	ΔX_2	ΔX_3	ε_1	ε_2	ε_3

6. Скласти звіт по роботі. Зробити висновок про можливі причини появи похибок.

Контрольні питання

1. З яких елементів складається і як працює приставка?
2. Які похибки входять в склад загальної похибки вимірювання?
3. Які існують методи визначення похибок передавальних пристроїв?
4. Як вибирається тип вимірювального пристрою?

Література

1. Каплунов Р.С. Точность контрольных приспособлений. М.: Машиностроение, 1968.
2. Мажара В.А. Контрольно-вимірювальні пристрої. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи студентами денної та заочної форми навчання напрямку “Інженерна механіка” з профілюванням за спеціальністю “Технологія машинобудування”. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 48 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Розробка схеми вимірювання та ескізу контрольно-вимірювального пристрою

Мета роботи: освоїти методику розробки схеми вимірювання та ескізного проекту контрольного пристрою.

Загальні відомості

Першим етапом при проектуванні контрольного пристрою є розробка схеми вимірювання. При розробці схеми вимірювання необхідно дотримуватись наступних загальних метрологічних і конструктивних принципів: принципу інверсії, принципу Тейлора, принципу найкоротшого розмірного ланцюга, принципу Аббе та інших.

Згідно з принципом інверсії необхідно суміщувати вимірювальні бази з конструкторськими, інакше виникне похибка базування.

Згідно з принципом Тейлора перевагу треба віддавати вимірювальним головкам з точечним чи лінійним контактом. При площинному контакті, на результат вимірювання будуть впливати похибки форми та шорсткості контрольованої поверхні.

Згідно з принципом найкоротшого розмірного ланцюга слід скорочувати не тільки кількість ланок розмірного ланцюга, що визначають контрольований розмір чи параметр, а й їхню довжину.

Згідно з принципом Аббе точка контакту вимірювального стрижня повинна знаходитися на вісі його симетрії, яка у свою чергу, має бути продовженням лінії виміру. Крім того, згідно з цим принципом відстань між напрямними стрижня повинна бути якомога більшою, а відстань між точкою виміру і найближчою до неї напрямною – мінімально можливою.

На схемі вимірювання треба за допомогою стандартних

позначок зобразити схему базування деталі, вказати лінію виміру, а також розташування конструкторських і вимірювальних баз (КБ і ВБ). Також необхідно зобразити спрощену кінематичну схему контрольного пристрою і сам вимірювальний засіб (наприклад, вимірювальну головку).

Наприклад схема для вимірювання паралельності площини “С” відносно площини “Б” деталі, що зображено на рис. 7.1.

Можливо два варіанта вимірювання – від бази Д (рис 7.2) і від бази Б (рис. 7.3).

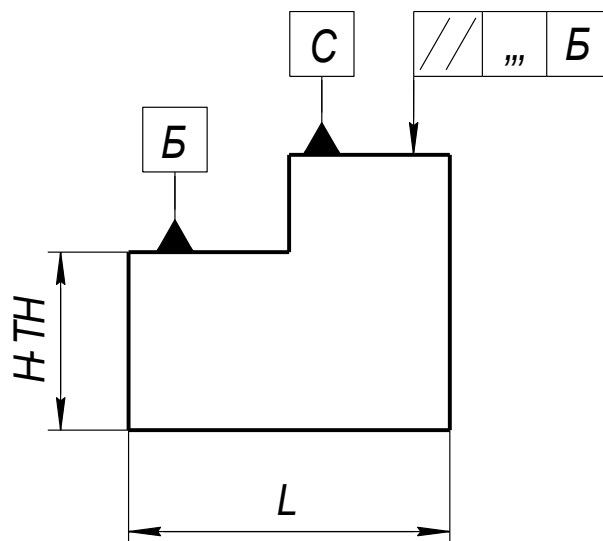


Рис. 7.1. Ескіз контрольованої деталі

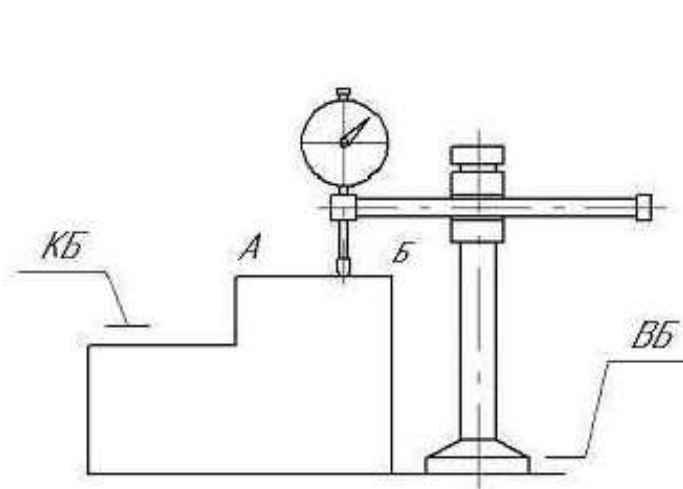


Рис. 7.2. Схема вимірювання непаралельності по першому варіанту

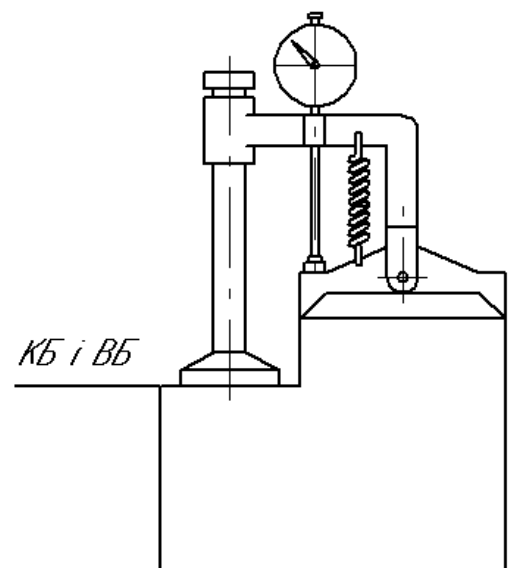
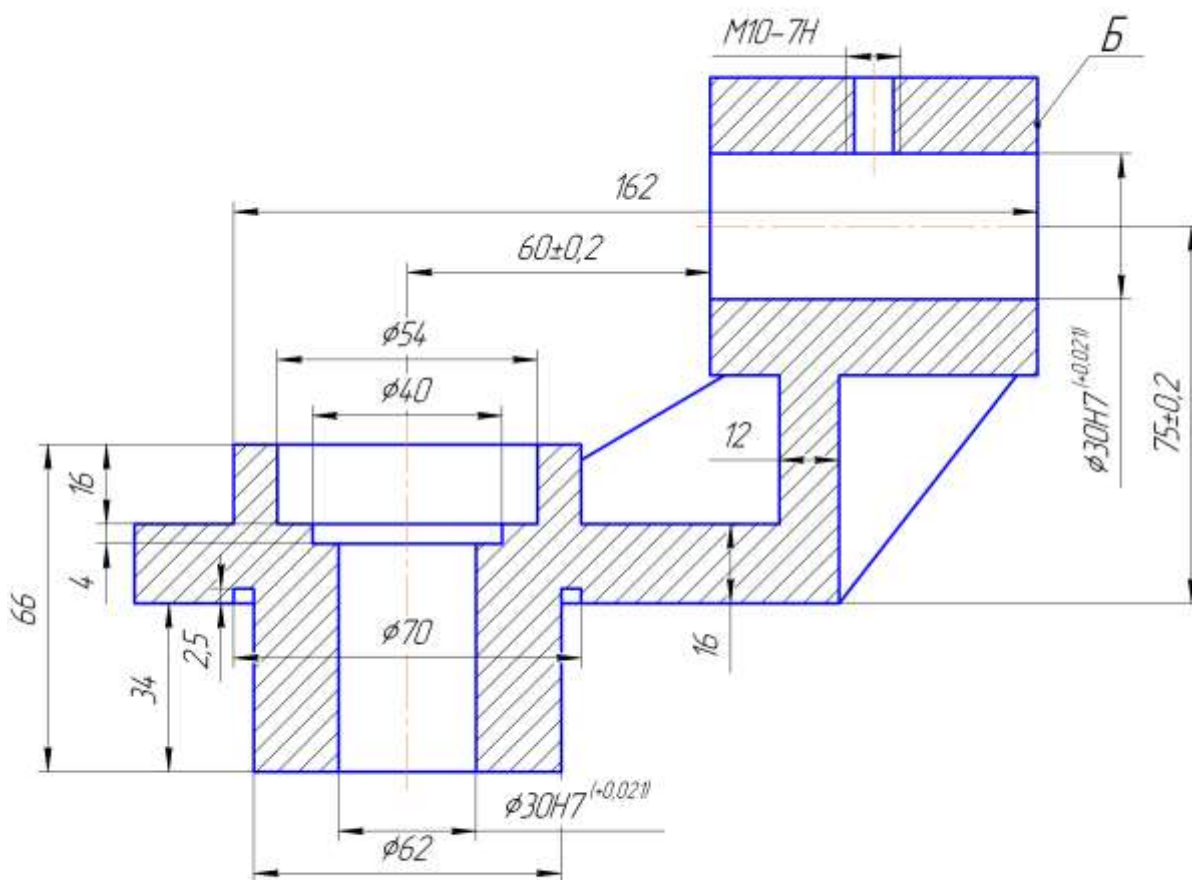


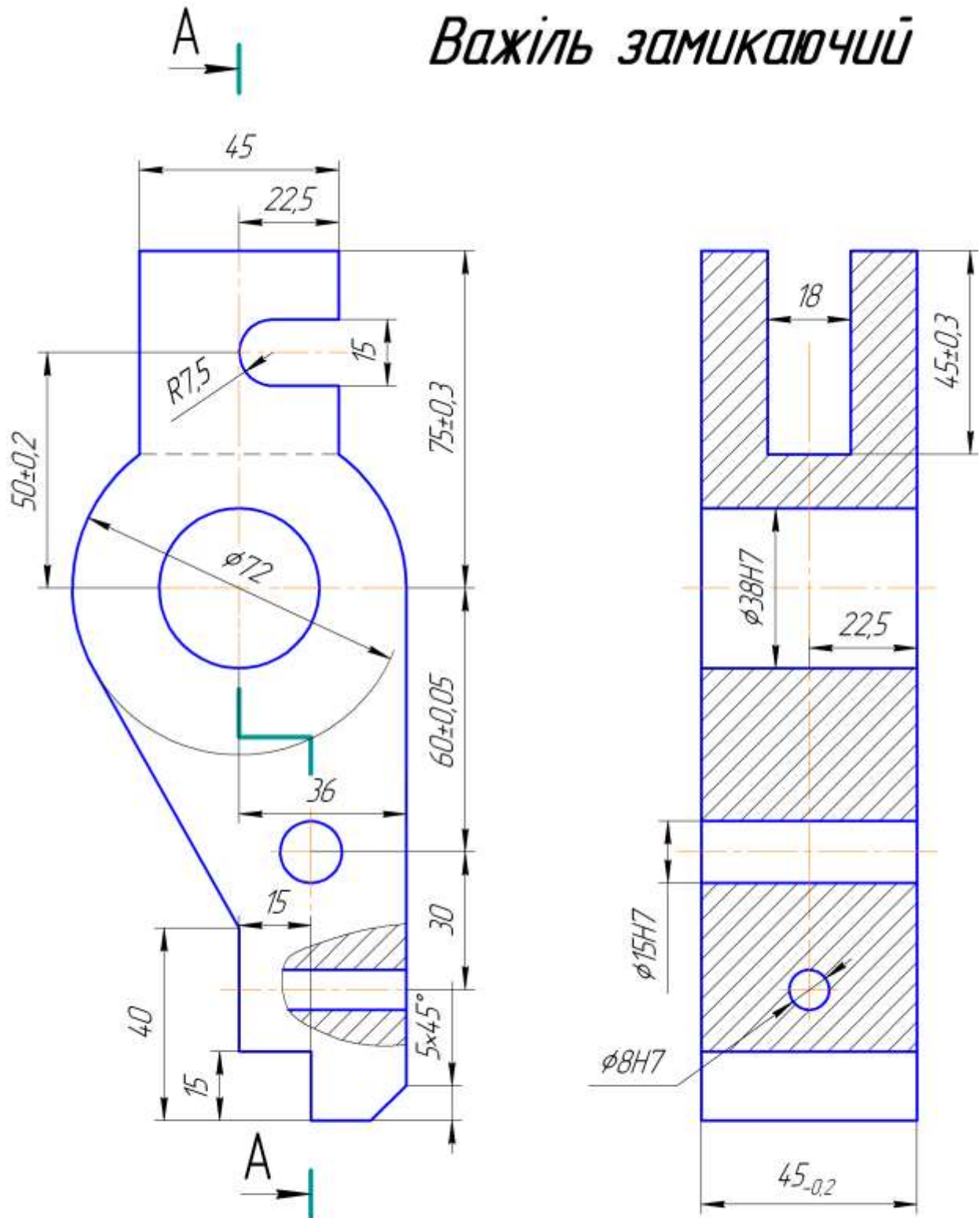
Рис. 7.3. Схема вимірювання непаралельності по другому варіанту

1. $\frac{1}{2}$ 2. $\frac{1}{2}$ 3. $\frac{1}{2}$



1. Допуск перпендикулярності осей отворів 30H7 – $T=0,06$ мм.
2. Допуск перпендикулярності вісі отвору 30H7 відносно поверхні Б – $T=0,05$ мм.
3. Допуск перетинку осей отворів 30H7 – $T=0,06$ мм.

Важіль замикаючий



1. Допуск перпендикулярності осей отворів $38H7$ і $15H7$ відносно поверхні Б – $T=0,05$ мм.
2. Допуск паралельності поверхонь А та Б – $T=0,08$ мм.
3. Допуск паралельності осей отворів $38H7$ і $15H7$ – $T=0,04$ мм.

Technical drawing of a mechanical part showing three views: front, top, and side. The front view shows a rectangular block with a central circular hole of diameter $\phi 25H7^{+0.021}_{-0.009}$ and a smaller rectangular hole of width 32. The top view shows a circular base with a diameter of $\phi 70$ and a central hole of diameter $\phi 6H9$. The side view shows a rectangular block with a width of 18 and a height of 34. Dimensions are given in millimeters with tolerances.

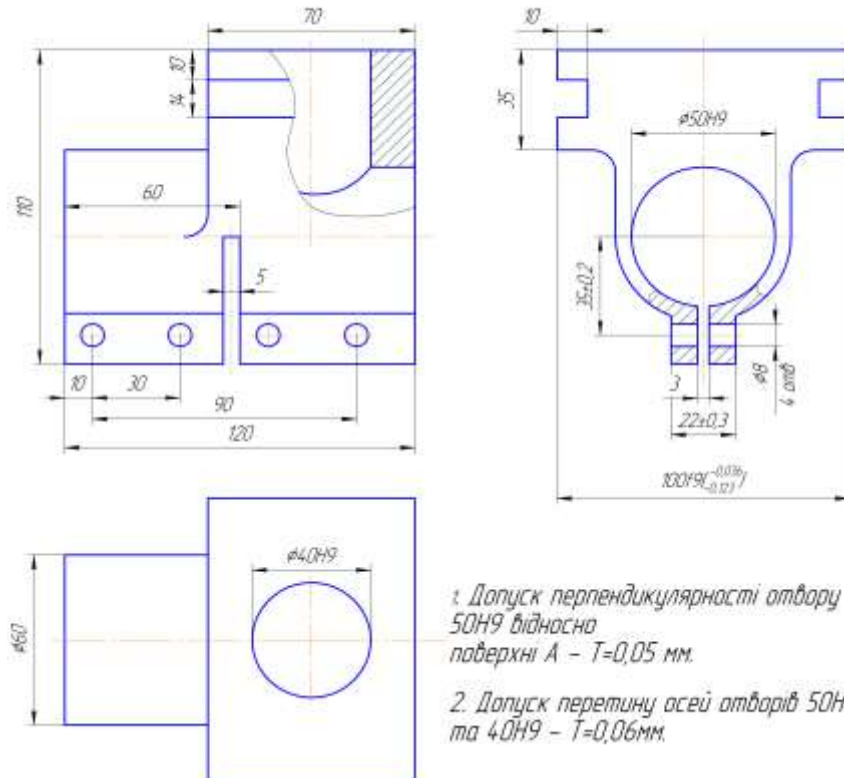
- 36

A-A

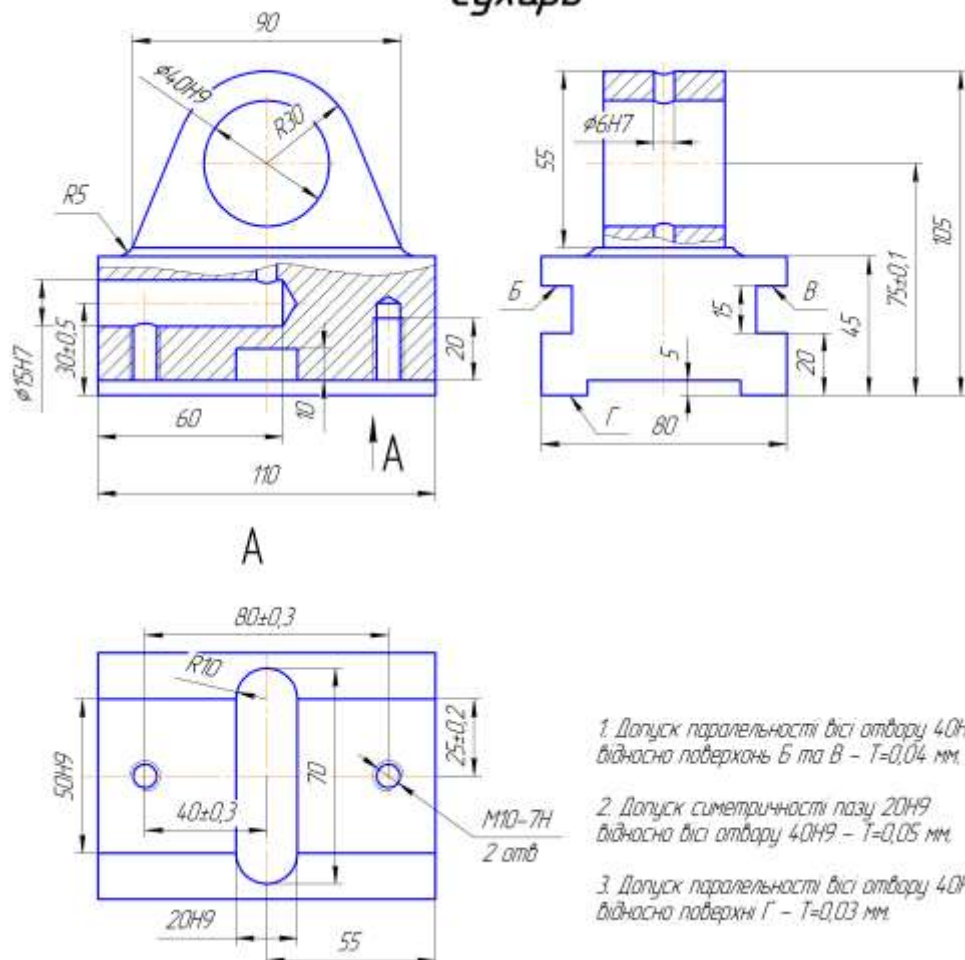


- 37

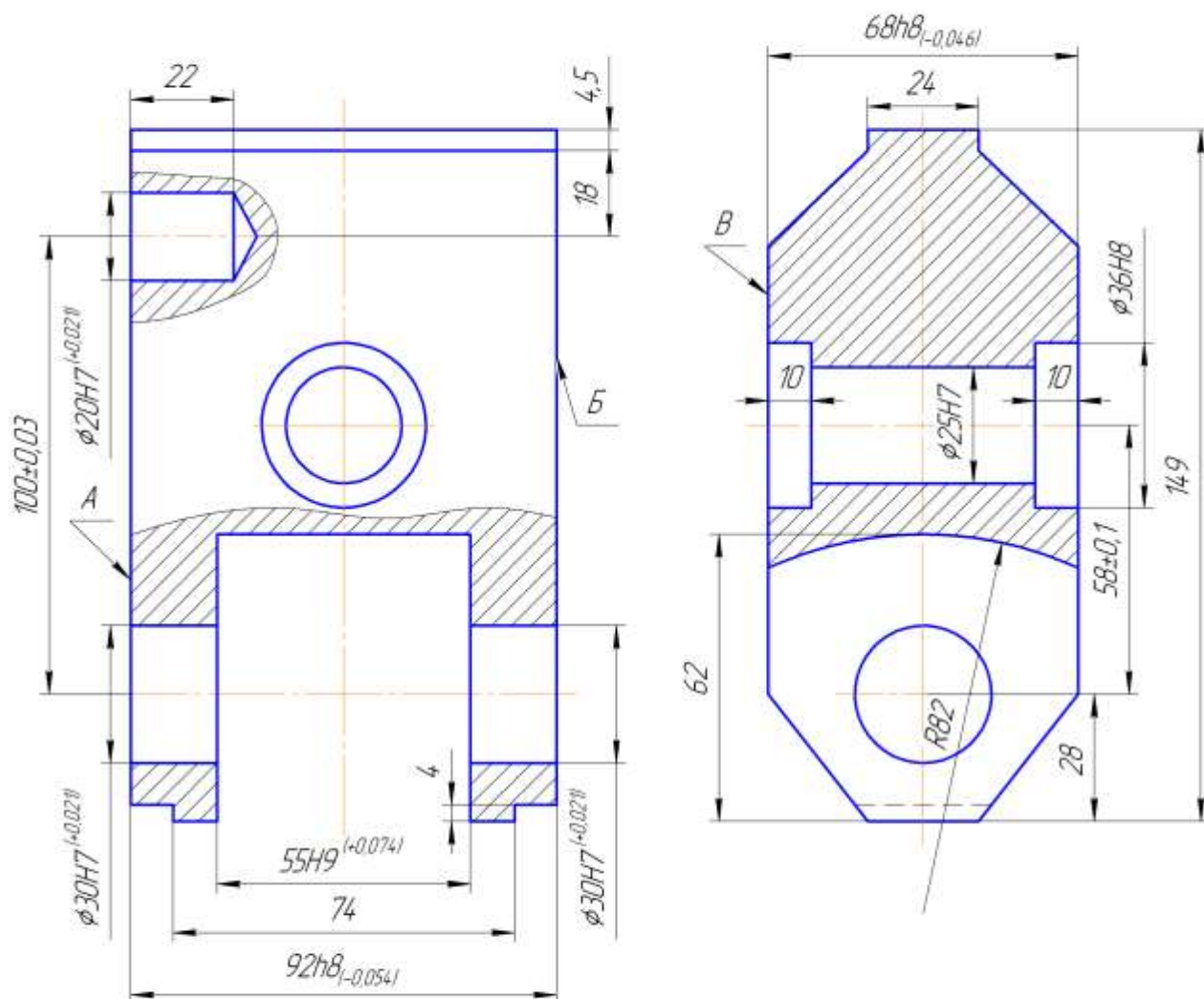
Насадка



Сухарь

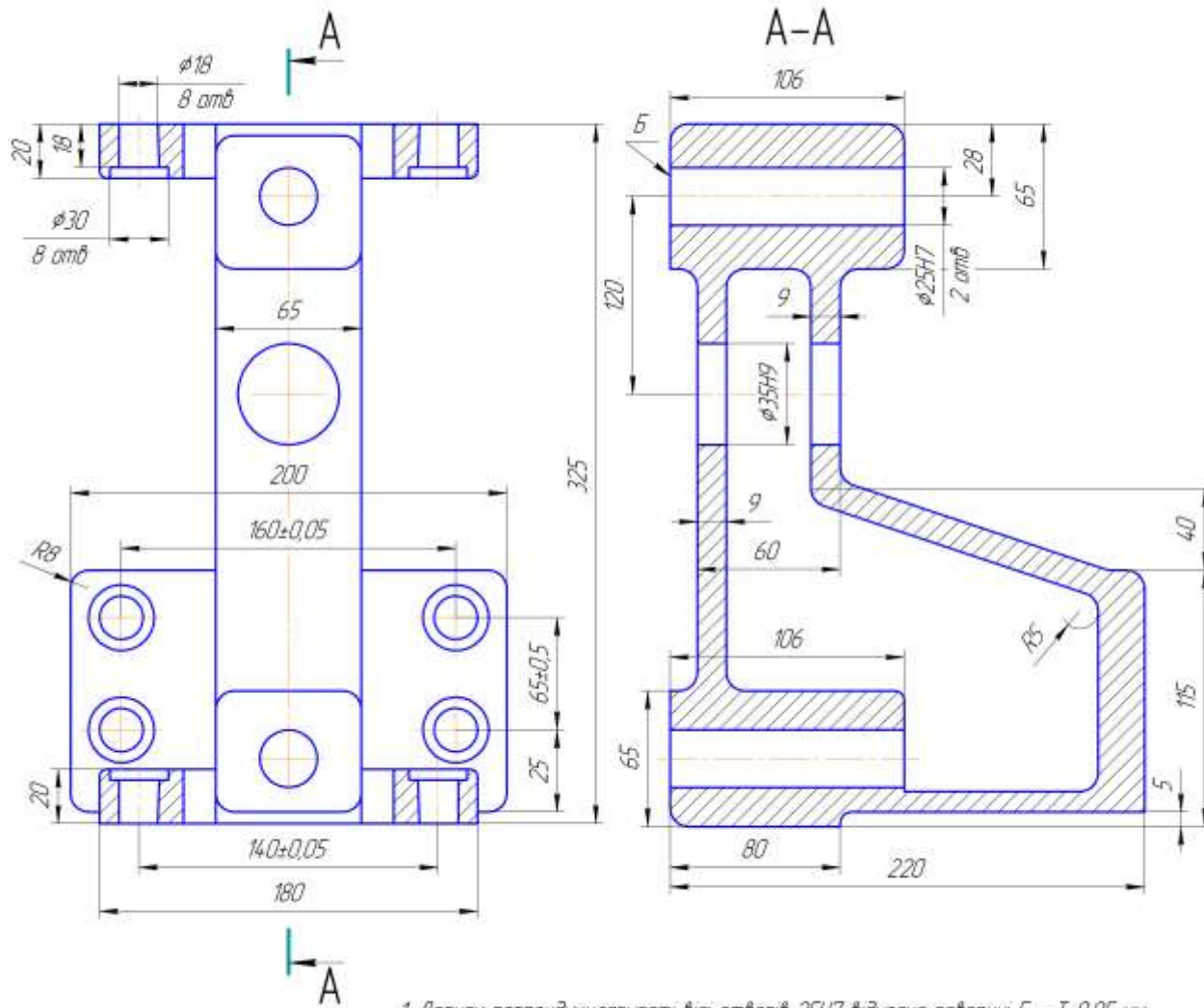


Прижим



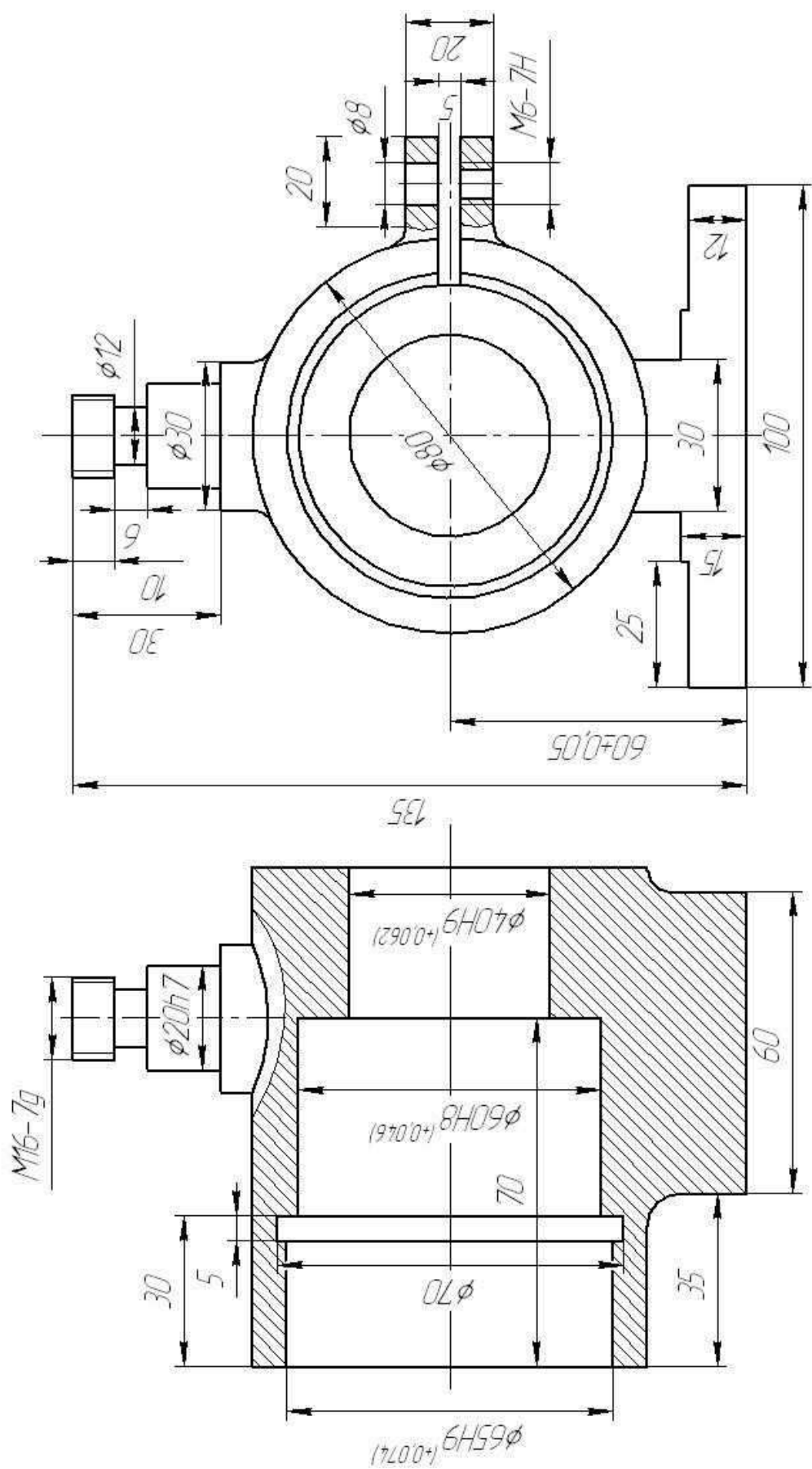
1. Допуск перпендикулярності вісі отвору $30H7$ відносно поверхні A – $T=0,1$ мм.
2. Допуск паралельності поверхні B відносно поверхні A – $T=0,08$ мм.
3. Допуск перпендикулярності вісі отвору $25H7$ відносно поверхні B – $T=0,06$ мм.

Рамка



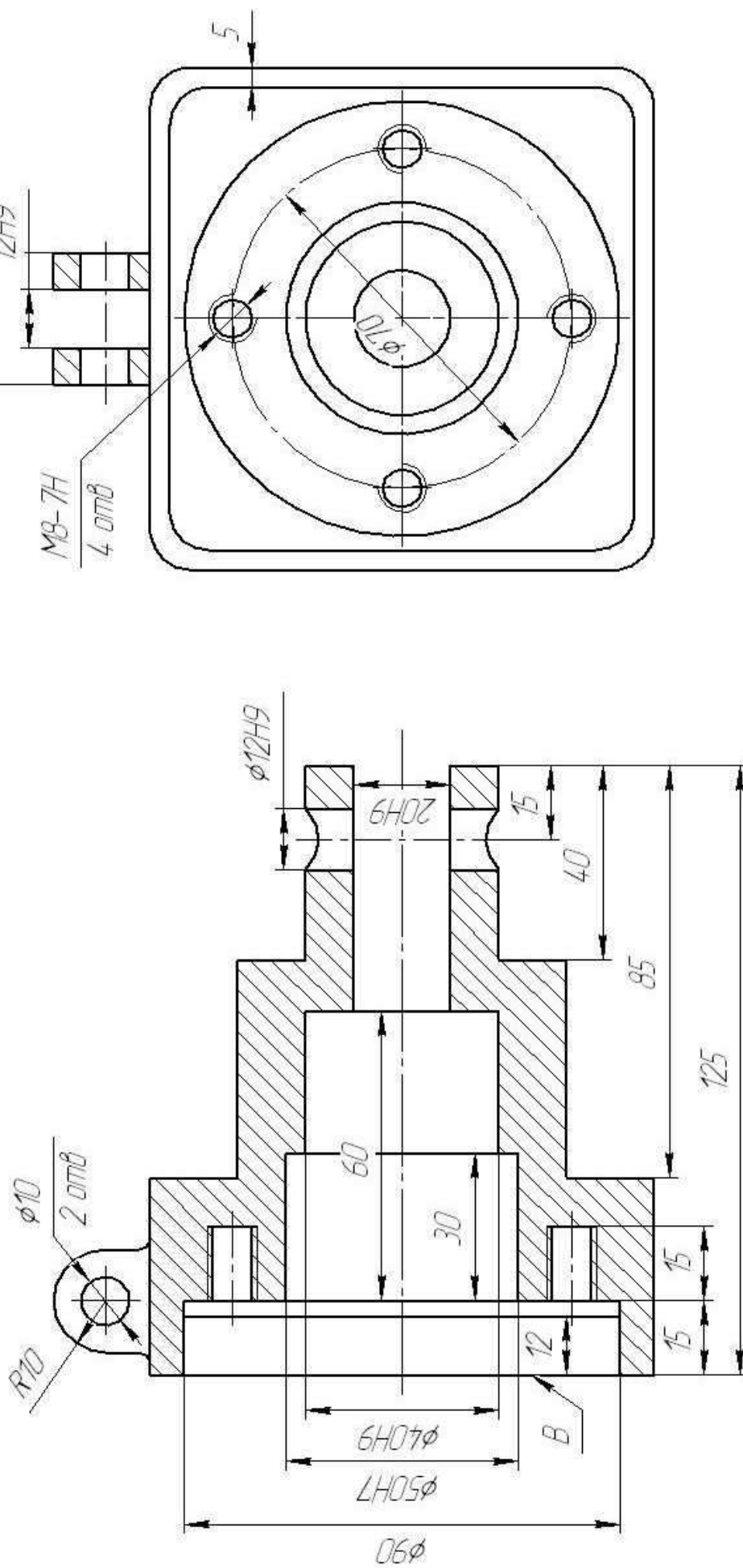
1. Допуск перпендикулярності вісі отворів 25H7 відносно поверхні Б – $T=0.05$ мм.
2. Допуск паралельності вісі отвору 25H7 та вісі отвору 35H9 – $T=0.08$ мм.

Стояк опорний



1. Допуск співвісності осі отворів 65H9 та 40H9 – $T=0,03$ мм.
2. Допуск перпендикулярності вісі отвору 65H9 відносно поверхні А – $T=0,05$ мм.

Фланець



1. Допуск співвісності осей отворів $40H9 / 50H7 - T=0.03$ мм.
2. Допуск перпендикулярності вісі отвору $40H9$ відносно поверхні B .

2. Розробити схему вимірювання на якій позначити конструкторську та вимірювальну базу. У випадку наявності похибки базування порахувати її;
3. Розробити ескіз контрольного пристрою у відповідності до схеми вимірювання, розробити специфікацію до нього та навести опис принципу його роботи;
4. Скласти звіт по роботі.

Контрольні питання

1. В чому суть принципу інверсії при проектуванні контрольного пристрою.
2. В чому суть принципу Тейлора при проектуванні контрольного пристрою.
3. В наслідок чого виникає похибка встановлення деталі.
4. В чому суть принципу Аббе при проектуванні контрольного пристрою.

Література

1. Коротков В.П., Тайц Б.А. Основы метрологии и теории измерительных устройств. М.: Машиностроение, 1978. – 352с.
2. Васильев А.С. Основы метрологии и технические измерения: учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1999. – 240с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Перевірка працездатності контрольно-вимірювального пристрою

Мета роботи: освоїти методику перевірки працездатності контрольного пристрою.

Загальні відомості

Основна умова працездатності проектного пристрою вимагає аби сумарна похибка вимірювання за допомогою пристрою була не більшою за допустиму:

$$\Delta_{\Sigma \text{вим}} \leq [\Delta]_{\text{вим}}.$$

Значення $[\Delta]_{\text{вим}}$ визначають з табл. 8.1, а значення $\Delta_{\Sigma \text{вим}}$ необхідно розрахувати за результатами аналізу її складових за формулою:

$$\Delta_{\Sigma \text{вим}} = \hat{E} \sqrt{\Delta_{\hat{a}}^2 + \Delta_{\hat{A}\hat{A}}^2 + \Delta_{\hat{H}}^2 + \Delta_{\hat{A}\hat{I}}^2 + \Delta_{\hat{A}\hat{v}}^2 + \Delta_{\hat{A}\hat{A}}^2 + \Delta_{\hat{A}\hat{A}\hat{C}}^2},$$

де $\Delta_{\hat{a}}$ – похибка базування деталі;

$\Delta_{B\hat{D}}$ – похибка встановлення деталі (табл. 8.3);

Δ_{III} – похибка передавальних пристроїв (табл. 8.4);

$\Delta_{B\hat{H}}$ – похибки важільних передач, що викликані зазорами в рухомих з'єднаннях (табл. 8.5);

$\Delta_{B\hat{i}\hat{o}}$ – похибка відліку ($0,2 \cdot j$, де j – ціна поділки вимірювальної головки);

$\Delta_{B\hat{r}}$ – похибка вимірювальної головки (табл. 8.5);

$\Delta_{B\hat{B}\hat{z}}$ – похибка встановлення вимірювального засобу (табл. 8.6).

У разі відсутності у таблиці необхідного значення $[\Delta]_{\text{вим}}$ необхідно приймати цю величину у розмірі $0,25T_A$.

Якщо контрольований параметр представляє собою допуск розміру, то розсіювання його значень підкорюється закону Гауса і

коефіцієнт $K = 1$, якщо ж контрольований параметр представляє собою допуск взаємного розміщення поверхонь або елементів деталі, то розсіювання значень такого параметра підкорюється закону Максвела і коефіцієнт $K = 1,2$.

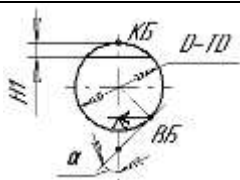
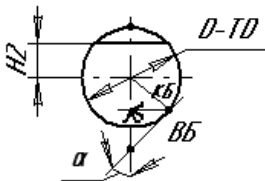
Таблиця 8.1

Граничні допустимі похибки вимірювання $[\Delta]_{\text{дв}}$
для допуску IT_L мкм

IT_L	$[\Delta]_{\text{вим}}$	IT_L	$[\Delta]_{\text{вим}}$	IT_L	$[\Delta]_{\text{вим}}$	IT_L	$[\Delta]_{\text{вим}}$	IT_L	$[\Delta]_{\text{вим}}$
1,5	0,5	11	3,5	21	5,0	31	7,0	41	8,0
2,0	0,7	12	3,5	22	5,5	32	7,0	42	8,5
3,0	1,0	13	3,5	23	5,5	33	7,0	43	8,5
4,0	1,5	14	3,5	24	6,0	34	7,5	44	9,0
5,0	2,0	15	4,0	25	6,0	35	7,5	45	9,0
6,0	2,0	16	4,0	26	6,0	36	7,5	46	9,0
7,0	2,5	17	4,0	27	6,5	37	7,5	47	9,5
8,0	3,0	18	4,5	28	6,5	38	7,5	48	9,5
9,0	3,0	19	5,0	29	7,0	39	8,0	49	10,0
10,0	3,0	20	5,0	30	7,0	40	8,0	50	12,0

Таблиця 8.2

Похибки базування деталей (Δ_{δ})

Схема базування	Формула для розрахунку похибки базування	Контрольований розмір або параметр
1	2	3
	$\varepsilon_{\delta(H_1)} = \frac{TD}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$	Розмір H_1
	$\varepsilon_{\delta(H_2)} = \frac{TD}{2 \sin \alpha}$	Розмір H_2

1	2	3
	$\varepsilon_{o(H_3)} = \frac{TD}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$	Розмір H_3
	$\varepsilon_B = \frac{ed}{2D \cos \alpha}$ e – ексцентриситет опорних поверхонь d – діаметр ролика	Радіальне і торцеве биття
	$\varepsilon_B = 0,2Jtd$ Jtd – допуск базового отвору деталі; 1 – базовий палець; 2 – пружина; 3 – деталь.	Співвісність отвору і зовнішньої поверхні
	$\varepsilon_B = 0,85(Jtd + Z_{\min})$ $Z_{\min}$ – мінімальний зазор посадки. 1 – кулачок нерухомий; 2 – кулачок рухомий; 3 – оправка; 4 – кулька; 5 – деталь.	Перпендикулярність торців, паралельність осей отворів тощо

Таблиця 8.3

Похибки встановлення деталей

Схема установки	Похибка $\Delta_{ВД}$, мкм
1	2
На площину з підтисканням до бокового упору вагою деталі / пружиною: На призму:	$\pm(4...7) / \pm(1,5...2)$
а) гладку (без підтискання / з підтисканням)	$\pm(3...7) / \pm(2...5)$
б) роликову (табл.6.2) при ексцентриситеті опірних поверхонь ролика 0,003мм.	$ed / 2D \cos \alpha$

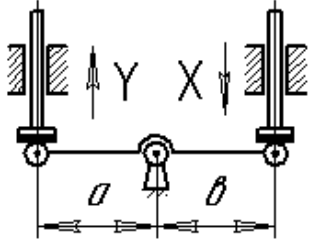
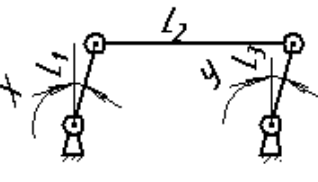
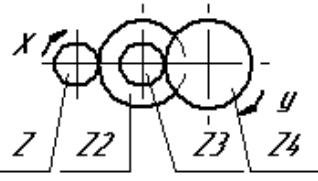
1	2
На циліндричну оправку з лискою (табл. 6.2) (при вихідному зазорі 0,02мм):	
а) у площині, що перпендикулярна до лиски	$\pm(2,5...3,0)$
б) у площині, що паралельна до лиски	$\pm(3,0...4,2)$
На коротку оправку з фланцем (при вихідному зазорі 0,02мм) в осьовому напрямку	$\pm(2,5...3,5)$
На гладку оправку з притисканням	$\pm(4,4...6,5)$
На оправку з трьома кулачками один з яких рухомий (табл. 6.2)	$\pm(7,0...8,5)$
На цангову оправку при вихідн. зазорі:	
а) 0,02 мм – в осьовому напрямку	$\pm(5,5...6,5)$
в радіальному напрямку	$\pm(0,8...1,0)$
б) 0,04 мм – в осьовому напрямку	$\pm(6,5...7,5)$
в радіальному напрямку	$\pm(6,0...6,5)$
На оправку з гідропластом або пружинними шайбами у радіальному напрямку при (при вихідному зазорі до 0,015мм) $L \leq 0.5d / L \leq 3d$	$\pm(1,2...2,5) /$ $\pm(5...7,5)$

Похибки передавальних пристроїв виникають у наслідок таких причин:

- а) зазорів у ланках і похибок їх виготовлення;
- б) похибок, викликаних порушенням принципу Аббе;
- в) похибок, що виникають у наслідок порушення відповідності фактичної схеми теоретичній.

Таблиця 8.4

Похибки деяких передавальних пристроїв (Δ_{III}), що виникають під дією первинних похибок їх елементів

	ΔX – похибка переміщення вимірювального стрижня*	$\Delta_{II} = \Delta \tilde{O} \frac{\dot{a}}{\dot{a}}$
	Δl_1 – допуск ланки l_1 ; Δl_2 – допуск ланки l_2 ;	$\Delta_{II} = \frac{\Delta l_1 \sin x}{l_3 \cos y}$ $\Delta_{II} = \frac{\Delta l_2}{l_3 \cos y}$
	ΔX_{32} – похибка повороту блока $Z_3 Z_2$; ΔX_1 – похибка повороту колеса Z_1 ;	$\Delta_{II} = \frac{Z_3}{Z_4} \Delta \tilde{O}_{32}$ $\Delta_{II} = \frac{Z_1}{Z_2} \frac{Z_3}{Z_4} \Delta \tilde{O}_1$

* при проведенні контролю індикатором похибка переміщення вимірювального стрижня залежить від величини його переміщення (на ділянці в 0,1 мм, ця похибка знаходиться в межах 5...8 мкм; на ділянці в 1-2 мм – 10...15 мкм; на ділянці до 5 мм – 14...18 мкм; на ділянці в 5-10 мм – 18...22 мкм).

Таблиця 8.5

Похибки важільних передач ($\Delta_{ВП}$)

Тип важільної передачі	$\Delta_{ВП}$, мкм
З прямим важелем, встановленим на вісі	5,5...7,5
З важелем на центрах	6,5...8,0
З важелем на пружинах	2,0...5,0

Похибка встановлення вимірювального засобу $\Delta_{ВВЗ}$ виникає у внаслідок деформації елементів, що слугують для встановлення даного засобу. Зазвичай вимірювальні головки закріплюються на

стандартні штативи і стояки. Незважаючи на значні розміри стійки і кронштейни під дією вимірювального зусилля деформуються за рахунок люфтів у місцях з'єднання.

Таблиця 8.6

Похибка встановлення вимірювального засобу (Δ_{BV3})

Інтервал контрольованих розмірів, мм	Ш-I, ШМ-ПН	С-П, С-Ш	С-IV
	Похибка встановлення вимірювального засобу, мкм		
1...10	1	0,2	2
10...30	1	0,3	3
30...80	1	0,4	4

Таблиця 8.7

Технічні характеристики вимірювальних головок

Найменування	Модель	ГОСТ	Ціна поділки, мм	Межа вимірювання, мм	Вимірювальне зусилля, Н	Коливання вим. зусилля, Н	Похибка вимірювання, мм	Габарити, мм	Діаметр посадочної шийки, мм
Індикатор годинникового типу	ИЧ2	577-68	0,01	0...2	0,15	0,04	0,004	42x75x21	8h7
	ИЧ10			0...10	0,2	0,08	0,008	55x107x24	
	ИТ			0...2	0,15	0,04	0,01	42x63x44	
Індикатор бокової дії	ИРБ	5584-75	0,01	0...0,8	0,30	-	0,005	29x82x24	5h7
Головка важільнозубчаста	1ИГ	18833-79	0,001	±0,05	0,10	0,04	0,0004	60x94x20	8h7
	2ИГ		0,002	±0,10	0,10	0,04	0,0008		
Індикатор багатообертовий	1МИГ	9696-82	0,001	0...1	0,20	0,05	0,002	70x106x20	8h7
	2МИГ		0,002	0...2	0,20	0,07	0,003		
Головка вимірювальна пружинна	1ИГП	28798-90	0,001	0,06	0,20	0,03	0,0006	93x208x58	28h7
	5ИГП		0,005	0,12	0,30	0,1	0,0012		
Головка пружинна малогабаритна головка	2ИГМ	28798-90	0,002	0,2	0,15	0,03	0,002	64x105x52	8h7

Зовнішній вигляд стояків і вимірювальних головок різних типів наведено в додатках 3 і 4.

Порядок виконання роботи

1. Вивчити конструкцію запропонованого контрольного пристрою виконати в зошиті ескіз та зробити короткий опис його призначення та принципу дії;

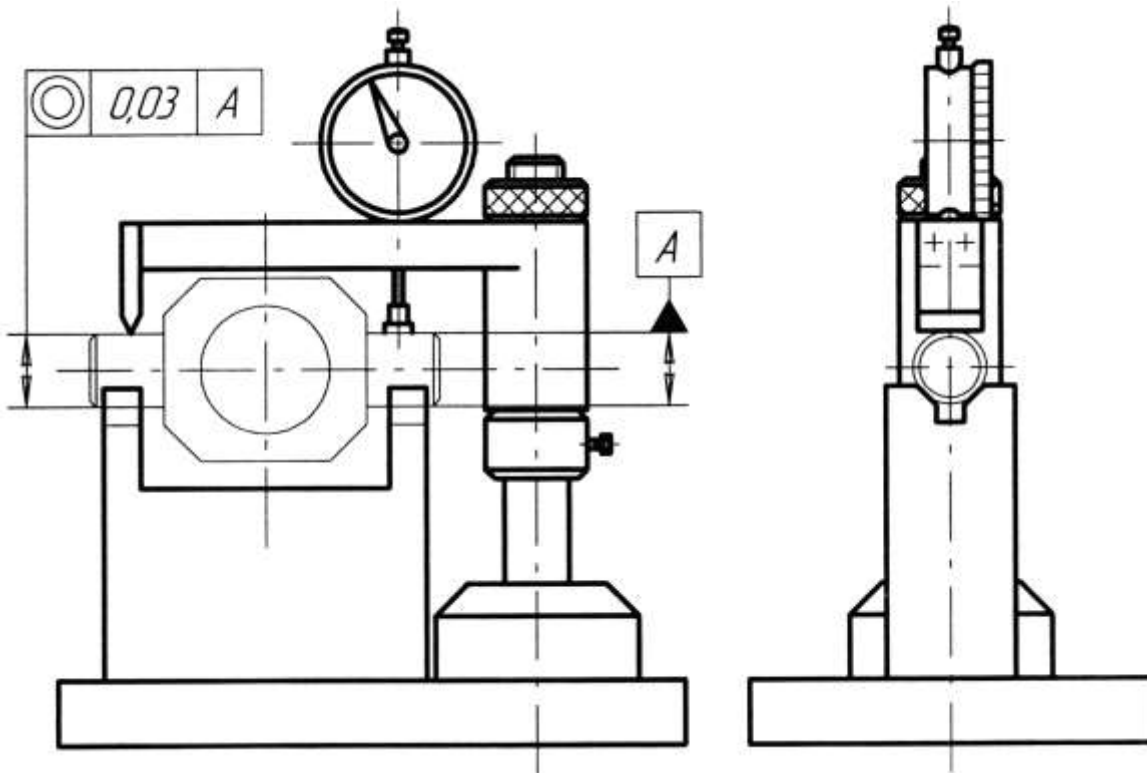


Рис. 8.1. Пристрій для контролю співвісності цапф

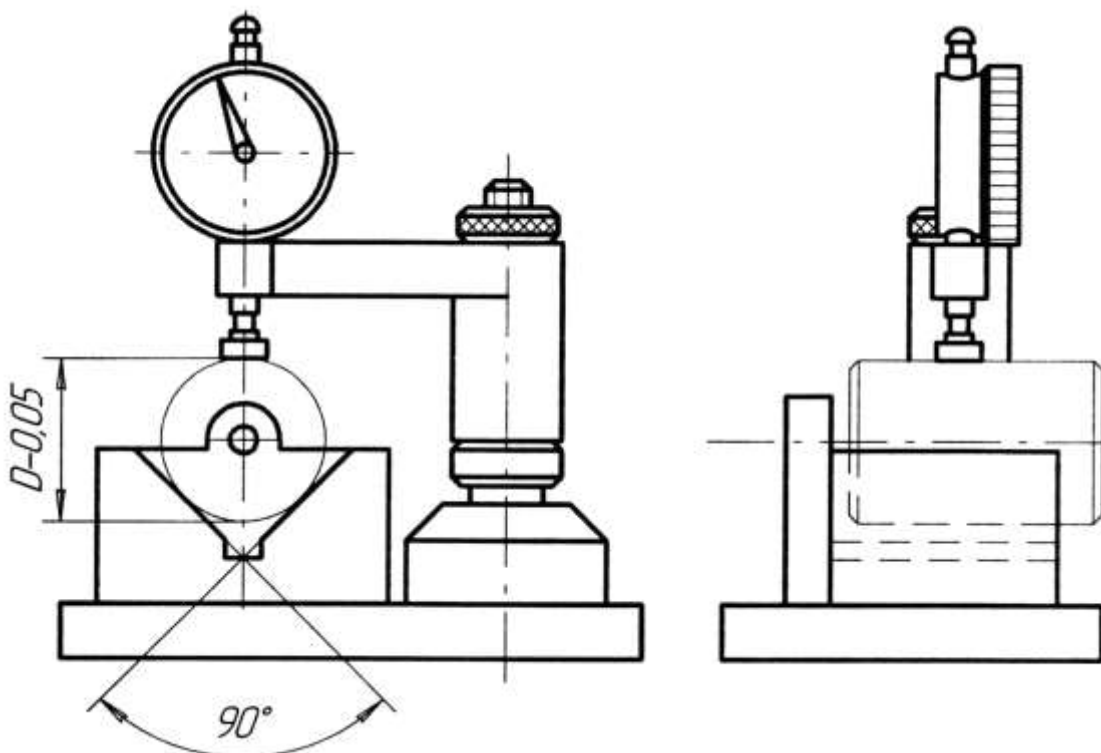


Рис. 8.2. Пристрій для контролю діаметра циліндра

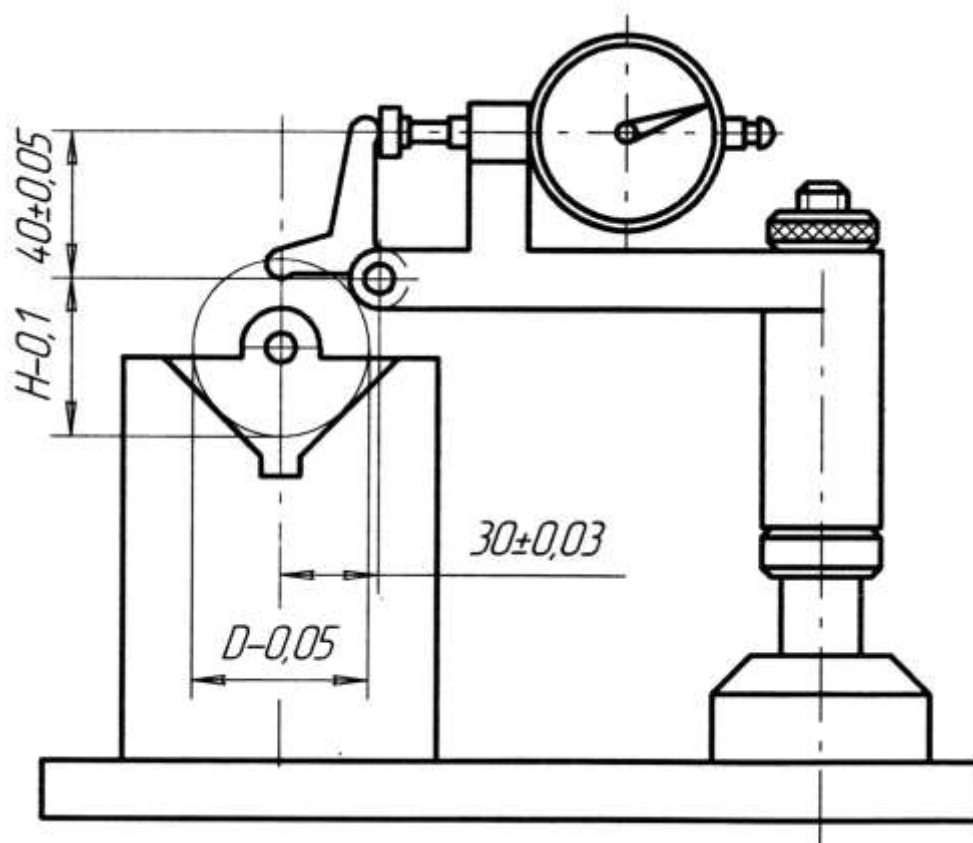


Рис. 8.3. Пристрій для контролю відстані до лиски

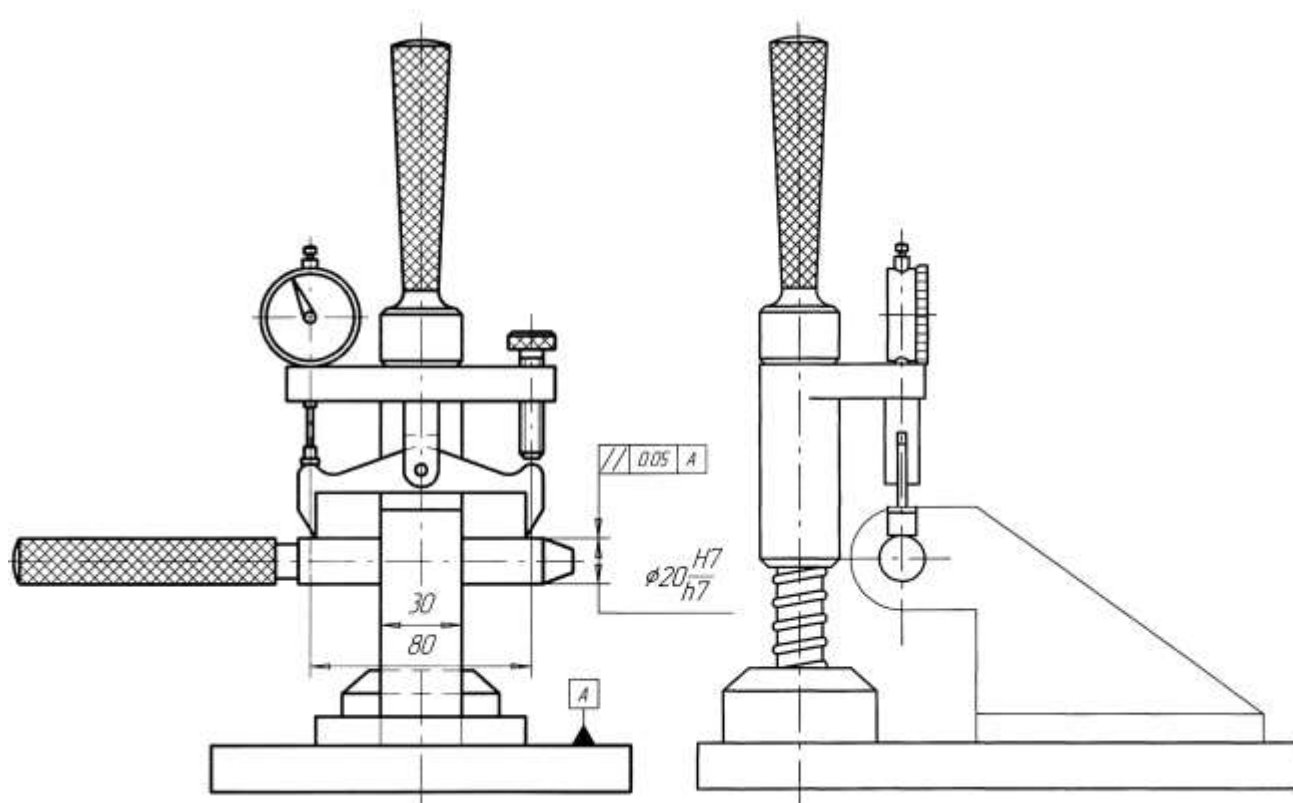


Рис. 8.4. Пристрій для контролю паралельності вісі отвору відносно площини А

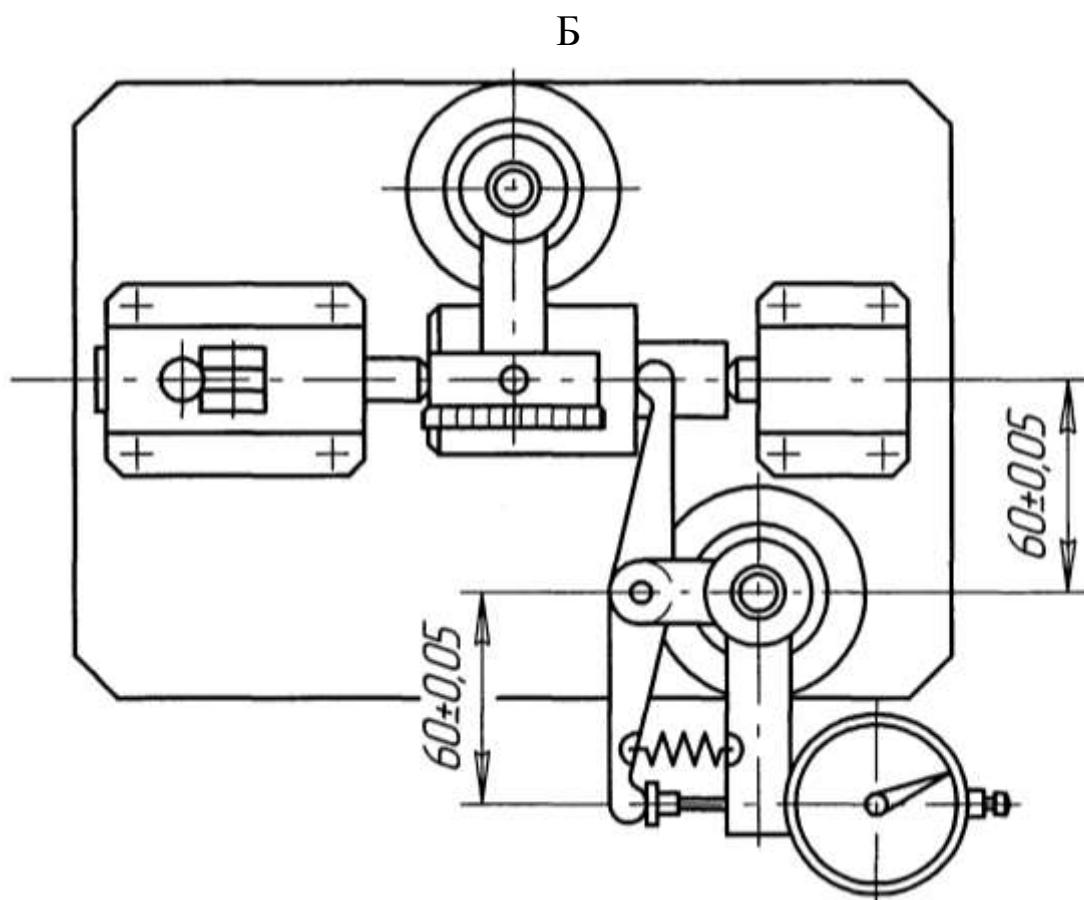
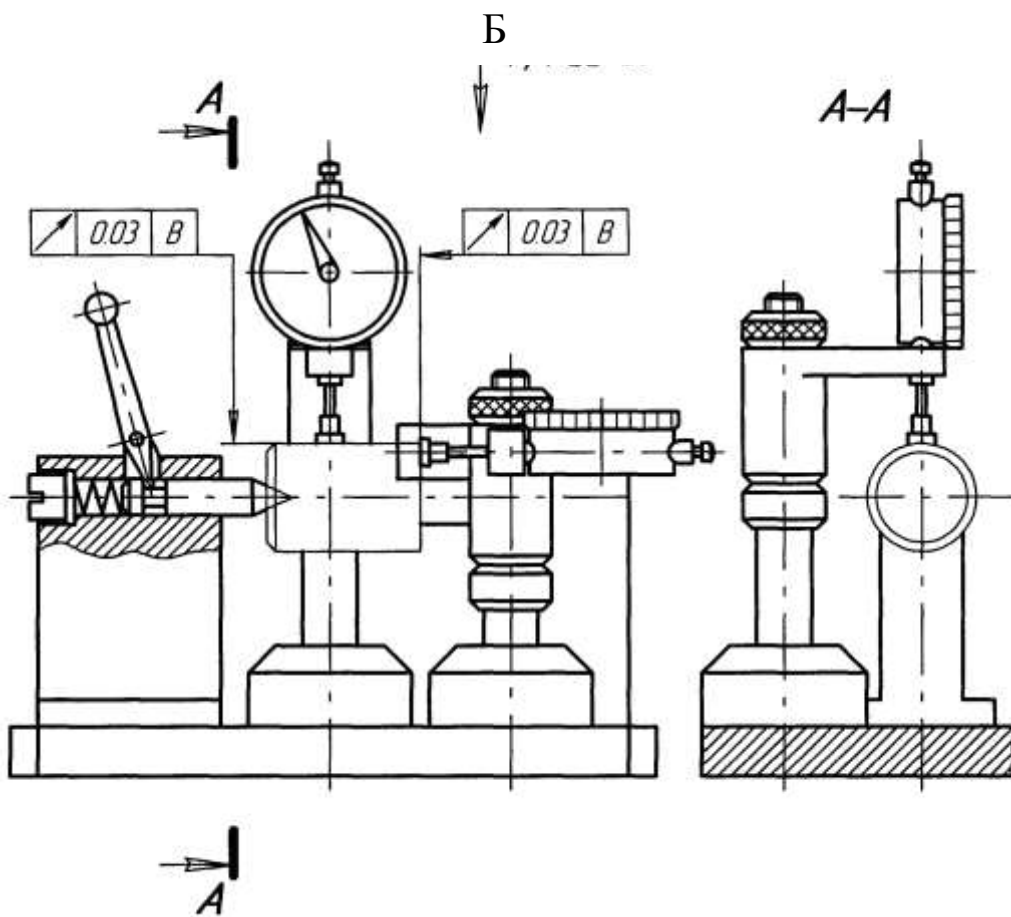
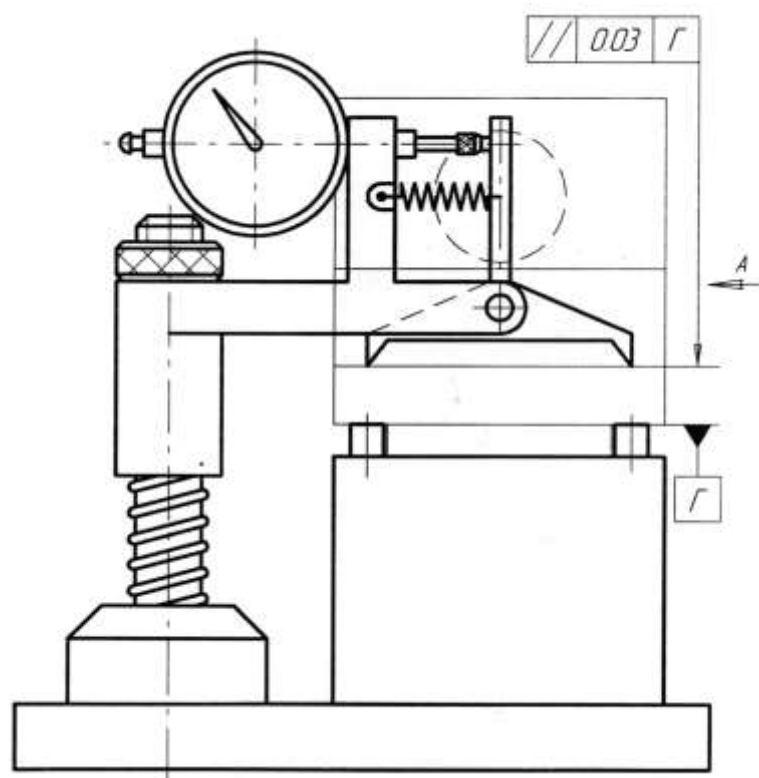


Рис. 8.5. Пристрій для контролю радіального і торцевого биття



A

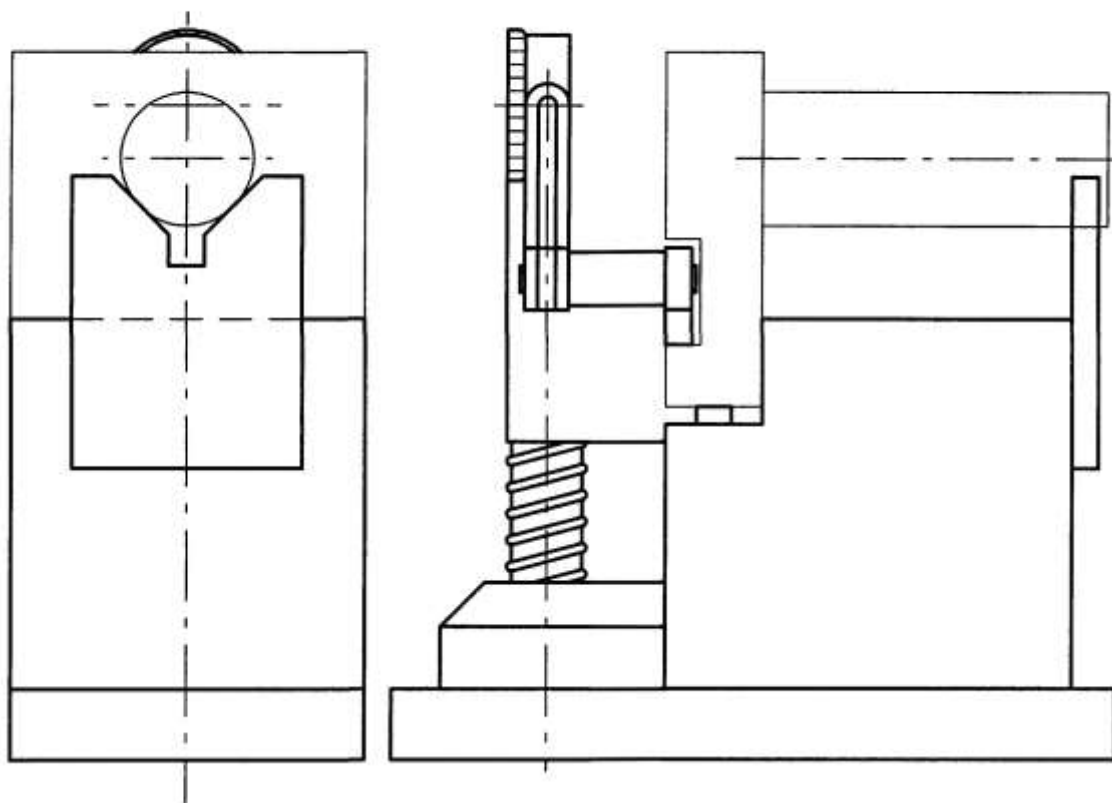


Рис. 8.6. Пристрій для контролю паралельності площин

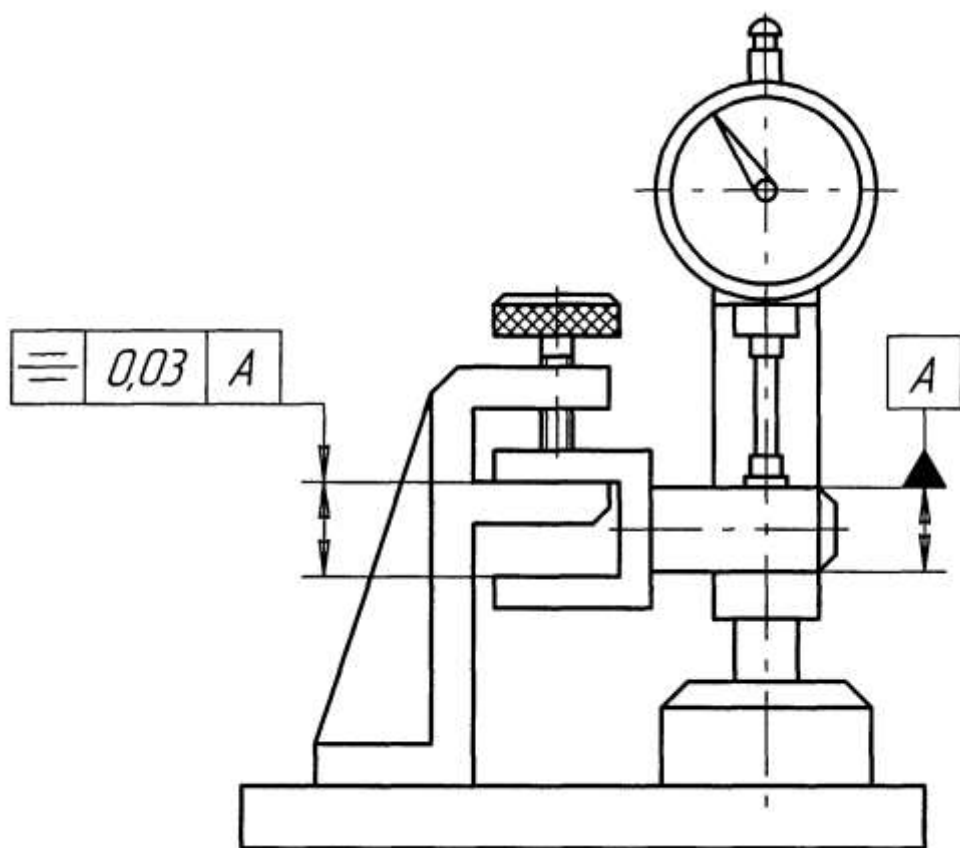


Рис. 8.7. Пристрій для контролю симетричності

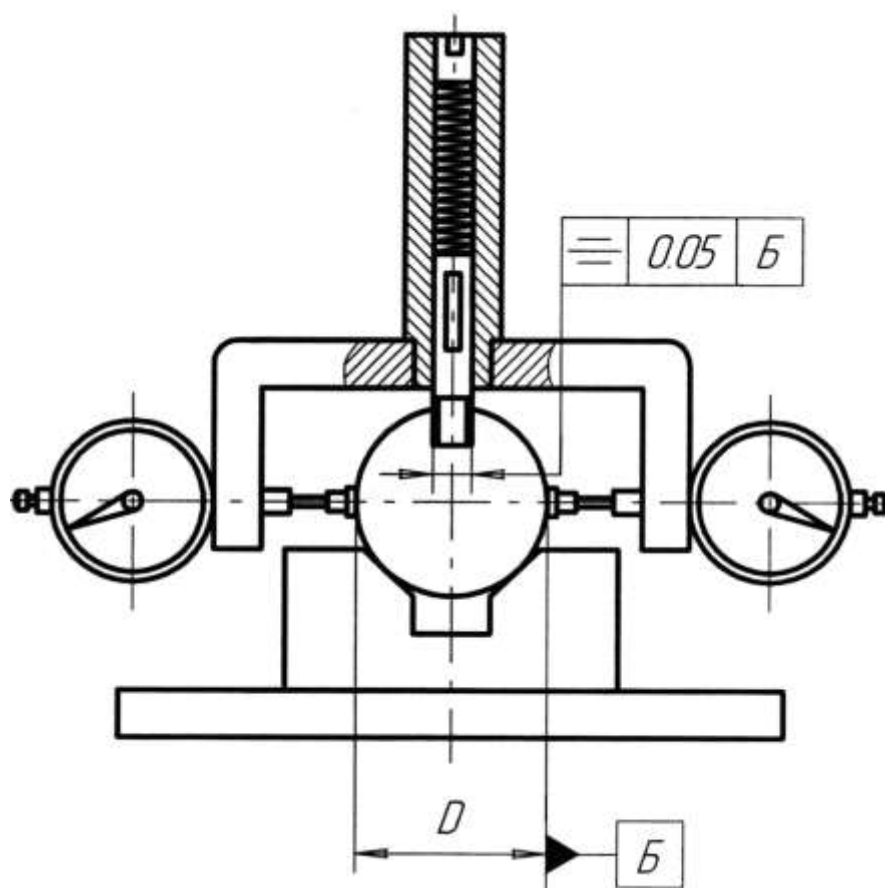


Рис. 8.8. Пристрій для контролю симетричності

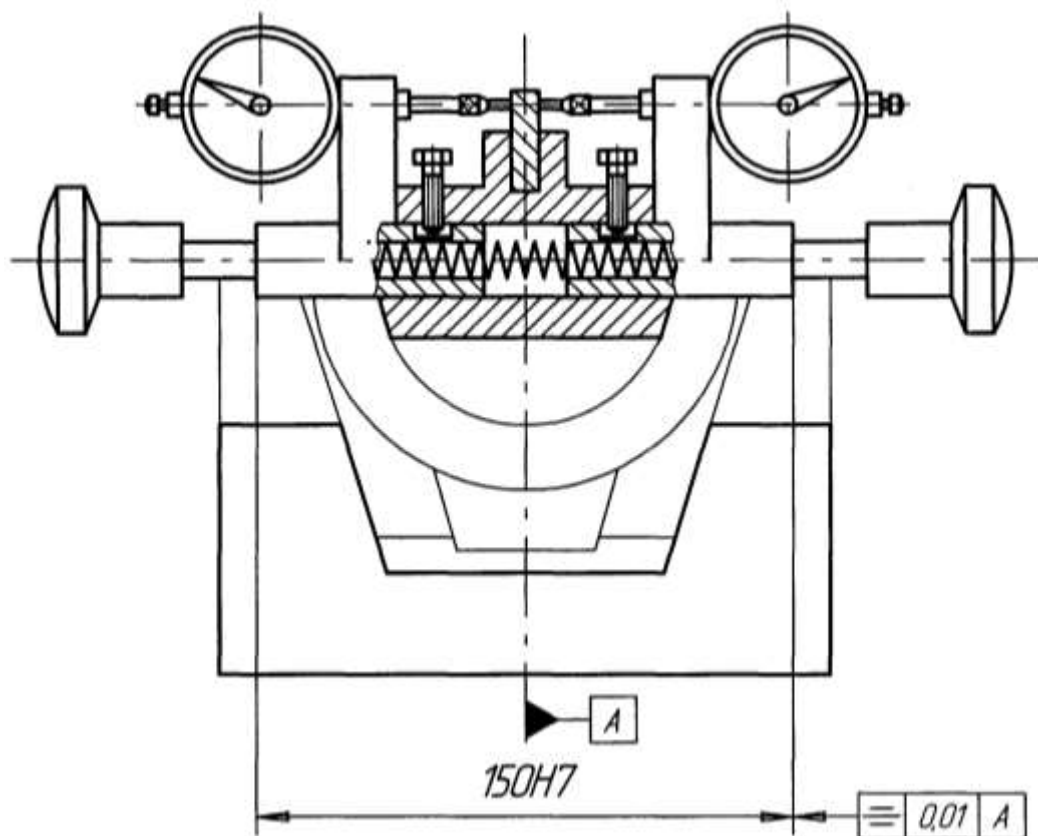


Рис. 8.9. Пристрій для контролю симетричності

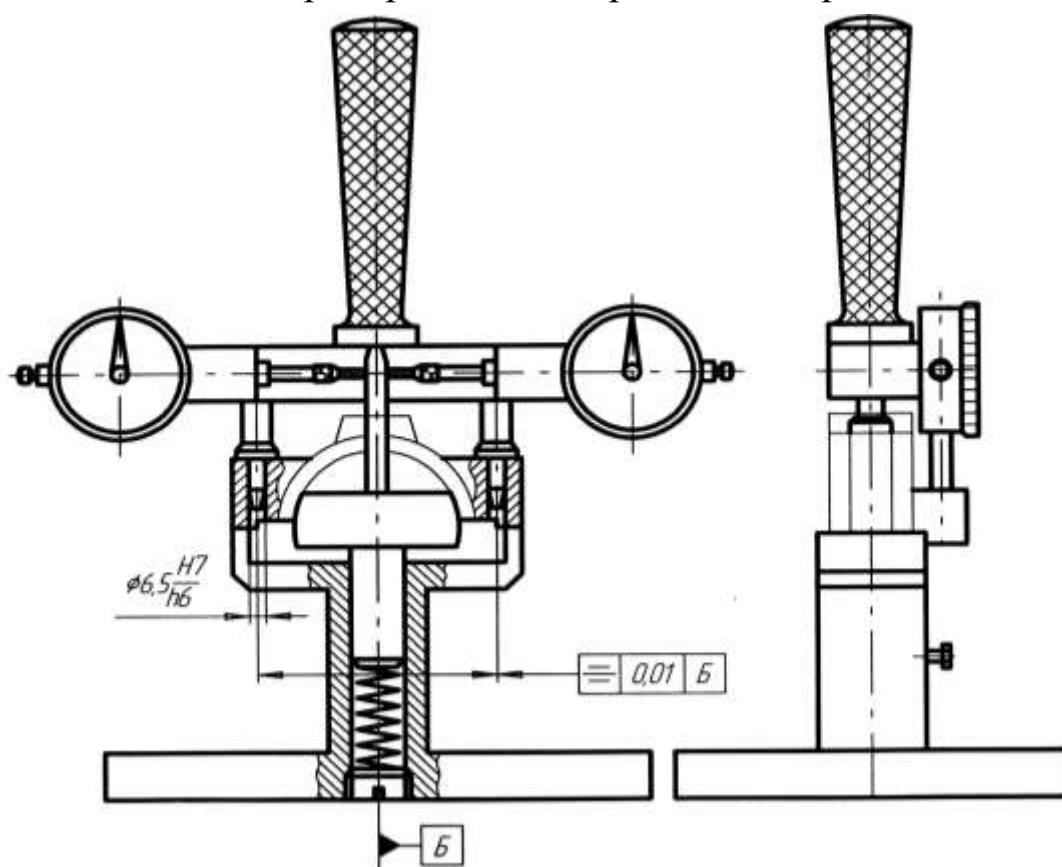


Рис. 8.10. Пристрій для контролю симетричності

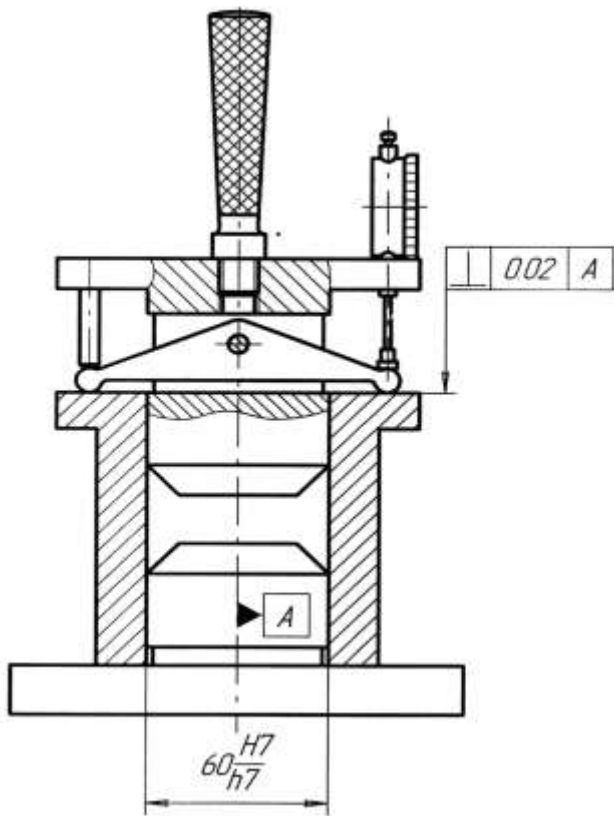


Рис. 8.11. Пристрій для контролю перпендикулярності

2. Виконати перевірку працездатності контрольного пристрою;
3. Скласти звіт по роботі. Зробити висновок по результатам оцінки працездатності. Якщо умова працездатності не виконується внести свої пропозиції щодо поліпшення конструкції пристрою.

Контрольні питання

1. Умова працездатності контрольного пристрою.
2. Похибки базування та встановлення, їх вплив.
3. Похибки передавальних пристроїв та вимірювального засобу, їх вплив.

Література

1. Васильев А.С. Основы метрологии и технические измерения: учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1999. – 240с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

Вивчення конструкції пристрою для контролю співвісності отворів

Мета роботи: вивчити принцип роботи контрольного пристрою для контролю співвісності.

Технічне забезпечення роботи:

1. Контрольний пристрій для контролю співвісності отворів;
2. Еталон;
3. Контрольовані деталі;
4. Індикатор часового типу.

Загальні відомості

Відхилення від заданої форми поверхонь має вплив на характер спряження при складанні і відповідно на якість роботи вузлів і машин в цілому.

Тому в залежності від призначення деталей та умов їх роботи, конструктор обмежує можливі відхилення форми і розміщення поверхонь допусками, що передбачені ДСТУ 2498-94. Умовні позначення відхилень форми поверхонь і позначення взаємного розміщення поверхонь передбачені в ГОСТ 2.308-79.

Відхиленням від взаємного розміщення поверхонь називається відхилення від номінального розміщення розглядаємої поверхні, її вісі чи площини симетрії відносно бази, чи відхилення від номінального взаємного розміщення розглядаємих поверхонь.

У лабораторній роботі вивчається пристрій для контролю співвісності. Відхилення від співвісності – це найбільша відстань між віссю розглядаємої поверхні обертання та базою (віссю базової поверхні чи спільною віссю двох чи декількох поверхонь) на довжині нормованої ділянки.

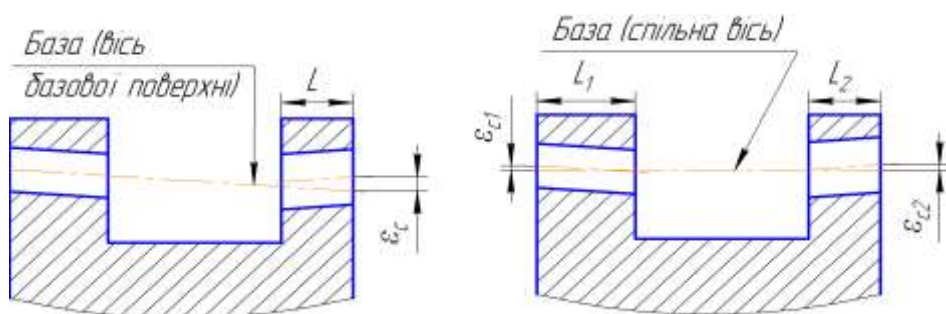


Рис. 9.1. Відхилення від співвісності

Умовні позначення допусків форми і взаємного розміщення поверхонь

Група допусків	Вид допуску	Позначення
Допуски форми	Допуск прямолінійності	
	Допуск площинності	
	Допуск круглості	
	Допуск циліндричності	
	Допуск профілю поздовжнього перерізу	
Допуски розміщення	Допуск паралельності	
	Допуск перпендикулярності	
	Допуск нахилу	
	Допуск співвісності	
	Допуск симетричності	
	Позиційний допуск	
	Допуск перетину осей	
	Допуск радіального чи торцевого биття	
Сумарні допуски форми і розміщення	Допуск биття в заданому напрямку Допуск повного радіального биття Допуск повного торцевого биття	
	Допуск форми заданого профілю	
	Допуск форми заданої поверхні	

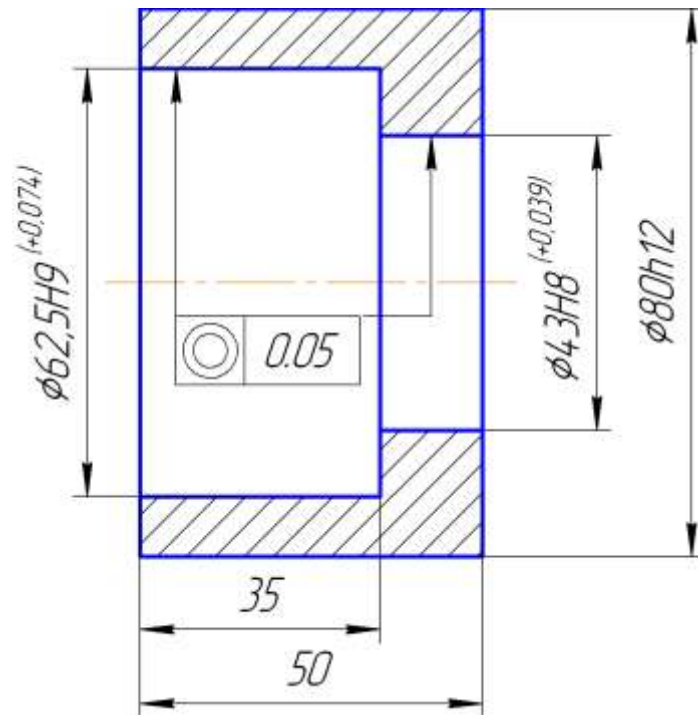


Рис. 9.2. Ескіз контрольованої деталі



Рис. 9.3. Пристрій для контролю співвісності

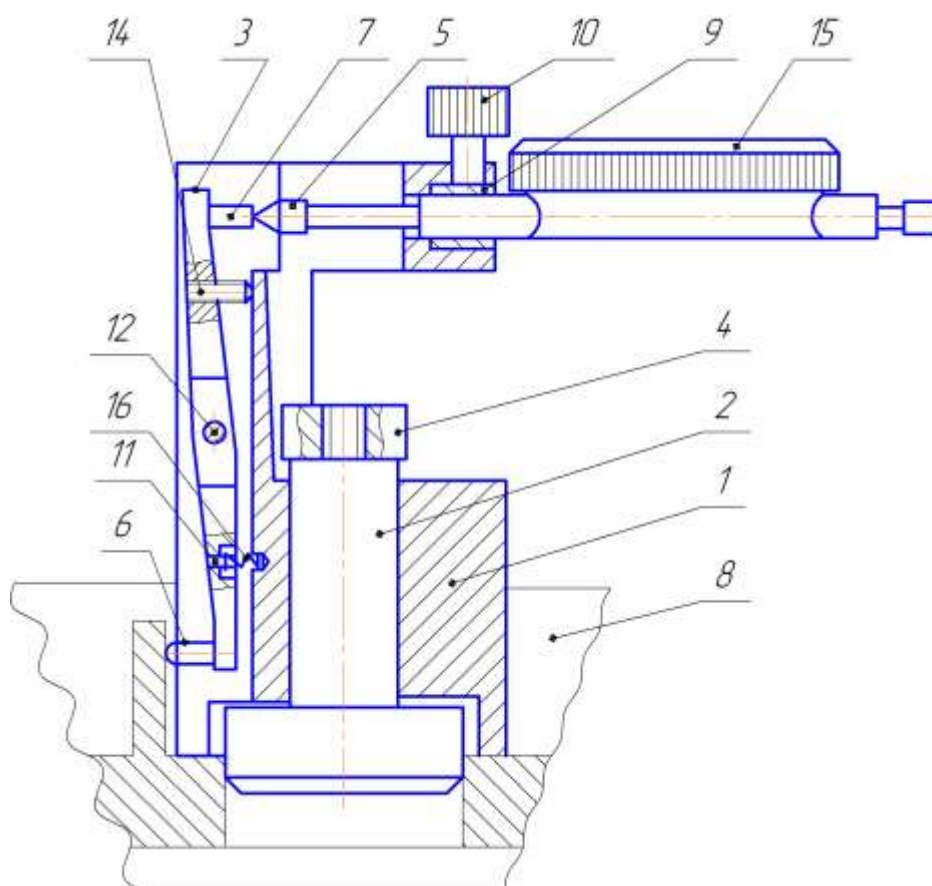


Рис. 9.4. Складальне креслення контрольного пристрою

Порядок виконання роботи

1. Вивчити конструкцію контрольного пристрою;
2. В зошиті виконати ескіз контрольованої деталі (рис. 9.2);
3. В зошиті виконати складальне креслення контрольного пристрою (рис. 9.4) та зробити специфікацію до нього;
4. Виконати опис контрольного пристрою у наступній послідовності:
 - пристрій складається з таких елементів ...
 - налаштування пристрою здійснюється ...
 - працює пристрій наступним чином ...
5. Встановити еталон та виставити показання індикатора на 0;
6. Провести контроль співвісності отворів у контрольованих деталях та дати заключення про їх придатність;
7. Скласти звіт по роботі.

Контрольні питання

1. Що таке відхилення від співвісності?
2. Які умовні позначення відхилення від форми ви знаєте?
3. Які умовні позначення відхилення від взаємного розміщення поверхонь ви знаєте?
4. Розкажіть принцип роботи вимірювального пристрою для контролю співвісності?

Література

1. ДСТУ 2498-94 Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення.
2. ГОСТ 2.308-79 ЕСКД. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей.
3. Каплунов Р.С. Точность контрольных приспособлений. М.: Машиностроение, 1968.

Значення евольвентної функції $\operatorname{inv} \alpha$

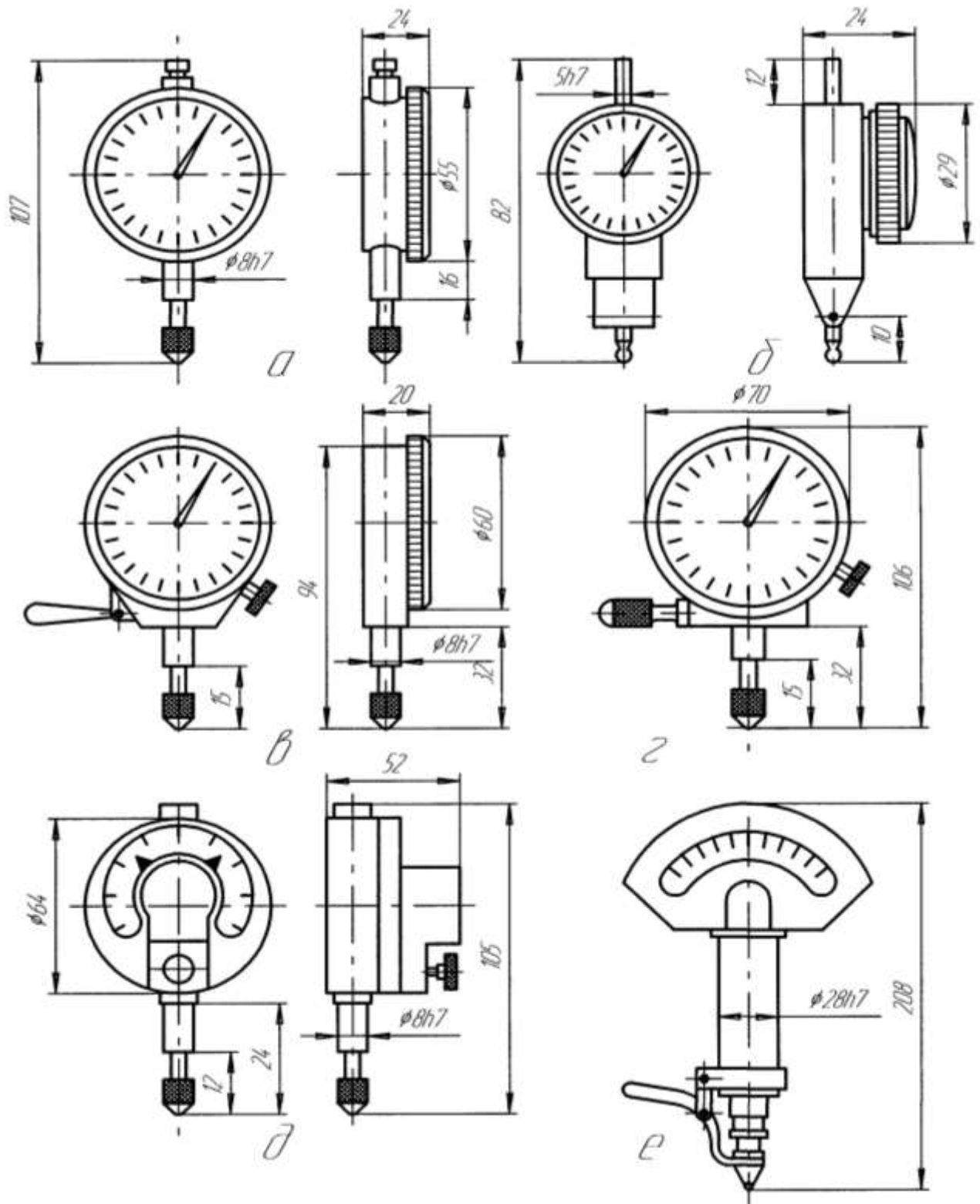
Хвилини	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°
0	0,012715	0,014904	0,017345	0,020054	0,023049	0,026350	0,029975	0,033947
1	750	943	388	101	102	407	0,030039	0,034016
2	784	982	431	149	154	465	102	086
3	819	0,015020	474	197	207	523	166	155
4	854	059	517	244	259	581	229	225
5	888	098	560	292	312	639	293	294
6	923	137	603	340	365	697	357	364
7	958	176	647	388	418	756	420	434
8	993	215	690	436	471	814	484	504
9	0,013028	254	734	484	524	872	549	574
10	063	293	777	533	577	931	613	644
11	0,013098	0,015333	0,017821	0,020581	0,023631	0,026989	0,030677	0,034714
12	134	372	865	629	684	0,027048	741	785
13	169	411	908	678	738	107	806	855
14	204	451	952	726	791	166	870	926
15	240	490	996	775	845	225	935	997
16	275	530	0,018040	824	899	284	0,031000	0,035067
17	311	570	084	873	952	343	065	138
18	346	609	129	921	0,024006	402	130	209
19	382	649	173	970	060	462	195	280
20	418	689	217	0,021019	114	521	260	352
21	0,013454	0,015729	0,018262	0,021069	0,024169	0,027581	0,031325	0,035423
22	490	769	306	118	223	640	390	494
23	526	809	351	167	277	700	456	566
24	562	850	395	217	332	760	521	637
25	598	890	440	266	386	820	587	709
26	634	930	485	316	441	880	653	781
27	670	971	530	365	495	940	718	853
28	707	0,016012	575	415	550	0,028000	784	925
29	743	052	620	465	605	060	850	997
30	779	092	665	514	660	121	917	0,036069
31	0,013816	0,016133	0,018710	0,021564	0,024715	0,028181	0,031983	0,036142
32	852	174	755	614	770	242	0,032049	214
33	889	215	800	665	825	302	116	287
34	926	255	846	715	881	363	182	359
35	963	296	891	765	936	424	249	432
36	999	337	937	815	992	485	315	505
37	0,014036	379	983	866	0,025047	546	382	578
38	073	420	0,019028	916	103	607	449	651
39	110	461	074	967	159	668	516	724
40	148	502	120	0,022018	214	729	583	798
41	0,014185	0,016544	0,019166	0,022068	0,025270	0,028791	0,032651	0,036871
42	222	585	212	119	326	852	718	945
43	259	627	258	170	382	914	785	0,037018
44	297	669	304	221	439	976	853	092
45	334	710	350	272	495	0,029037	920	166
46	372	752	397	324	551	099	988	240
47	409	794	443	375	608	161	0,033056	314
48	447	836	490	426	664	223	124	388
49	485	878	536	478	721	285	192	462
50	523	920	583	529	778	348	260	537
51	0,014560	0,016962	0,019630	0,022581	0,025834	0,029410	0,033328	0,037611
52	598	0,017004	676	633	891	472	397	686
53	636	047	723	684	948	535	465	761
54	674	089	770	736	0,026005	598	534	835
55	713	132	817	788	062	660	602	910
56	751	174	864	840	120	723	671	985
57	789	217	912	892	177	786	740	0,038060
58	827	259	959	944	235	849	809	136
59	866	302	0,020007	997	292	912	878	211
60	0,014904	0,017345	0,020054	0,023049	0,026350	0,029975	0,033947	0,038287

**Допуск на коливання міжцентрової відстані за оберт зубчатого колеса
(фрагмент таблиці по нормам кінематичної точності), мкм**

Ступінь точності	Позначення	Модуль, мм	Діаметр ділильного кола, мм				
			До 50	Біл. 50 до 125	Біл. 125 до 280	Біл. 280 до 560	Біл. 560 до 1000
6	F_i''	Від 1 до 2	30	36	48	60	67
		Біл. 2 до 3,55	30	40	50	63	70
		» 3,55 » 6	34	42	53	67	75
		» 6 » 10	—	48	56	70	85
		» 10 » 16	—	53	63	80	95
7	F_i''	Від 1 до 2	42	53	67	90	95
		Біл. 2 до 3,55	45	56	70	90	100
		» 3,55 » 6	48	60	75	95	105
		» 6 » 10	—	67	85	100	120
		» 10 » 16	—	75	95	110	125
8	F_i''	Від 1 до 2	53	67	85	105	120
		Біл. 2 до 3,55	56	70	90	110	125
		» 3,55 » 6	60	75	95	120	140
		» 6 » 10	—	85	100	130	150
		» 10 » 16	—	95	110	140	170
9	F_i''	Від 1 до 2	67	85	105	130	150
		Біл. 2 до 3,55	70	90	110	140	150
		» 3,55 » 6	75	95	120	150	170
		» 6 » 10	—	105	130	150	180
		» 10 » 16	—	120	140	170	200
10	F_i''	Від 1 до 2	85	100	120	170	180
		Біл. 2 до 3,55	90	105	140	175	200
		» 3,55 » 6	95	110	150	180	220
		» 6 » 10	—	130	150	200	240
		» 10 » 16	—	150	170	210	250

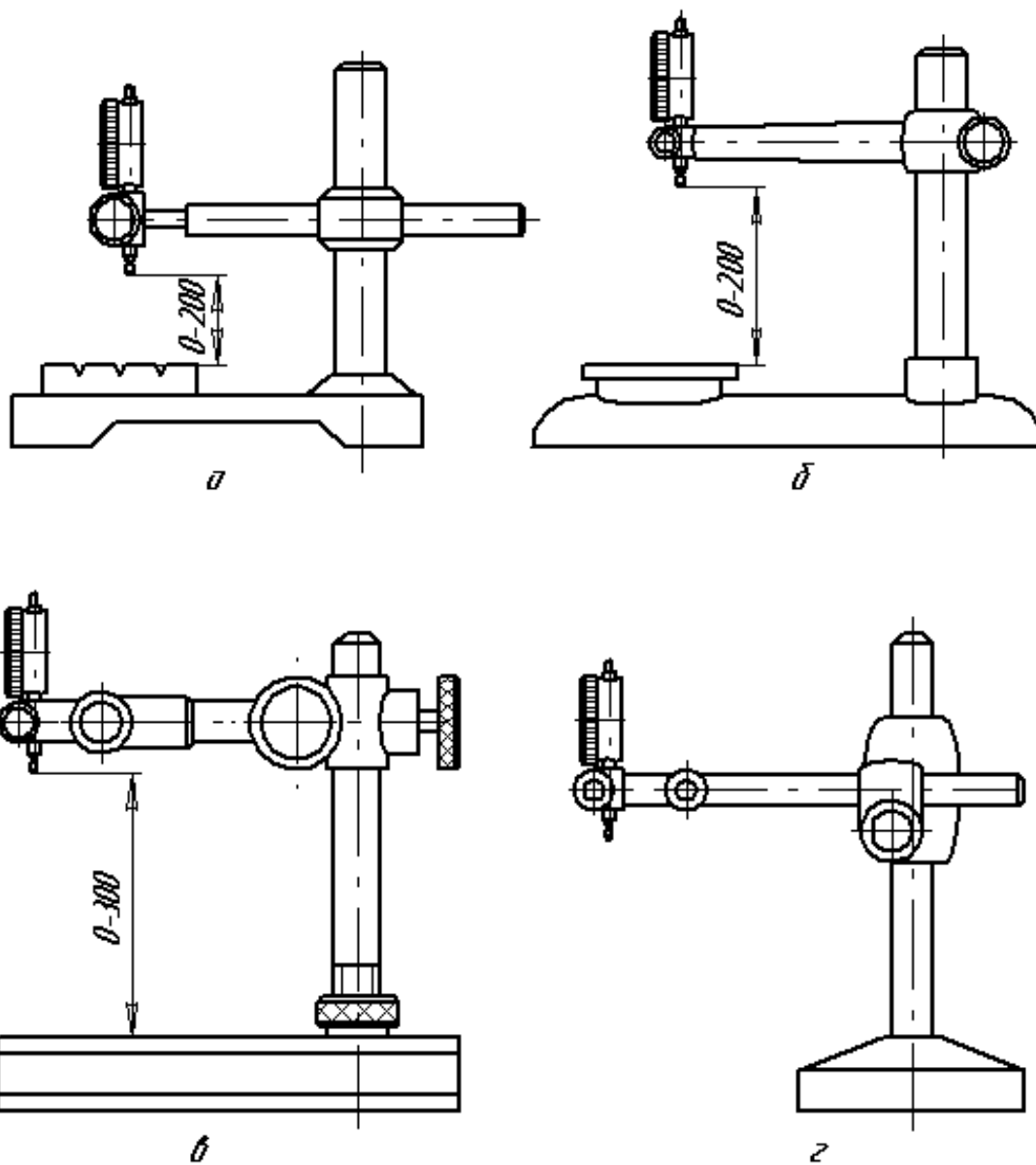
**Допуск на коливання міжцентрової відстані на одному зубці колеса
(фрагмент таблиці по нормам плавності роботи точності), мкм**

Ступінь точності	Позначення	Модуль, мм	Діаметр ділильного кола, мм				
			До 50	Біл. 50 до 125	Біл. 125 до 280	Біл. 280 до 560	Біл. 560 до 1000
6	f_i''	Від 1 до 2	14	15	16	17	19
		Біл. 2 до 3,55	15	16	17	19	20
		» 3,55 » 6	17	18	19	20	22
		» 6 » 10	—	20	22	23	25
		» 10 » 16	—	25	26	28	30
7	f_i''	Від 1 до 2	20	21	22	24	26
		Біл. 2 до 3,55	21	22	24	26	28
		» 3,55 » 6	24	25	26	28	30
		» 6 » 10	—	28	30	32	34
		» 10 » 16	—	36	38	40	42
8	f_i''	Від 1 до 2	28	30	32	34	38
		Біл. 2 до 3,55	30	32	34	38	40
		» 3,55 » 6	34	36	38	40	45
		» 6 » 10	—	42	42	45	50
		» 10 » 16	—	50	53	56	60
9	f_i''	Від 1 до 2	34	36	40	42	45
		Біл. 2 до 3,55	38	40	42	45	50
		» 3,55 » 6	42	45	48	50	56
		» 6 » 10	—	53	56	60	63
		» 10 » 16	—	63	67	71	75
10	f_i''	Від 1 до 2	45	45	50	56	60
		Біл. 2 до 3,55	48	50	56	60	63
		» 3,55 » 6	53	56	60	63	70
		» 6 » 10	—	63	70	75	80
		» 10 » 16	—	80	85	90	90



Вимірювальні головки:

- а) індикатор годинникового типу ІЧ-10; б) важільнозубчастий індикатор бокової дії (ІРБ); в) важільнозубчаста головка однообертова (ІГ); г) багатообертова головка (МИГ); д) головка пружинна малогабаритна (ІПМ); е) головка вимірювальна пружинна (ІГП)



Стояки і штативи для кріплення вимірювальних головок:

- а) стояк легкого типу С-IV; б) стояк типу С-П; в) штатив типу Ш-I;
г) штатив типу ШМ-ПН

ЗМІСТ

Лабораторна робота №1	3
Оцінка ступеня точності циліндричних зубчатих коліс за їх основними параметрами точності	
Лабораторна робота №2	8
Вимірювання середнього діаметра метричних різей	
Лабораторна робота №3	14
Вимірювання конусних поверхонь	
Лабораторна робота №4	18
Перевірка параметрів точності пари конічних зубчатих коліс	
Лабораторна робота №5	22
Дослідження впливу похибки базування на точність вимірювання	
Лабораторна робота №6	28
Дослідження похибок передавального пристрою важільного типу	
Лабораторна робота №7	32
Розробка схеми вимірювання та ескізу контрольно-вимірювального пристрою	
Лабораторна робота №8	44
Перевірка працездатності контрольно-вимірювального пристрою	
Лабораторна робота №9	57
Вивчення конструкції пристрою для контролю співвісності отворів	
Додатки	61

Навчально-методичне видання

Вимірювальні засоби та метрологія

Методичні вказівки до виконання
лабораторних робіт студентами спеціальностей
“Прикладна механіка” та “Галузеве машинобудування”

Укладач: к.т.н., доц. Мажара В.А.

Здано до тиражування 31.05.2018. Підписано до друку 07.06.2018.
Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Ум. друк. арк. 4,25. Тираж 50 прим.
Зам. №154/2018.